

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Měření silového účinku proudu kapaliny

The Measurement of Force Effects of Liquid Flow

Student:

Tomáš Prorok

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Rautová Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Prorok**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Měření silového účinku proudu kapaliny**
The Measurement of Force Effect of Liquid Flow

Zásady pro vypracování:

Navrhnete zařízení pro měření silového účinku vodního paprsku.

1. Zpracujte teorii vodního paprsku v ovzduší a ve vakuu.
2. Proveďte návrh měřicí trati a zpracujte hydraulické schéma pro měření silového účinku vodního paprsku.
3. Proveďte měření a vyhodnocení silového účinku vodního paprsku.
4. Vytvořte návod k měření.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NOSKIEVIČ, J. *Mechanika tekutin*. Praha: SNTL Praha, 1987. 354 s.
- [2] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.
- [3] JANALÍK, J. *Měření tekutinových mechanismů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1995. 155 s.
- [4] BOJKO, M.; KOZUBKOVÁ, M.; RAUTOVÁ, J. *Základy hydromechaniky a zásobování hasiv*. Ostrava: SPBI Ostrava, 2008. 198 s. ISBN 978-80-7385-033-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Rautová, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího ročníkového projektu a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě..... 23. 5. 2011

..... *Tomáš Orság*

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:23. 5. 2011.....

.....Tomáš Prorok.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Prorok

Adresa trvalého pobytu autora práce: U Letohrádku 605, Frýdlant nad Ostravicí,
73911, ČR

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prorok, T. Měření silového účinku proudu kapaliny: bakalářská práce. Ostrava: Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Fakulta strojní. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. 56 s. Vedoucí Rautová J.

Bakalářská práce se zabývá měřením silového účinku proudu kapaliny. Za tímto účelem je sestaveno měřicí zařízení, na kterém je simulován průtok kapaliny v různých průměrech trysky. Zaznamenávám dobu měření, objem vody, který během této doby protekl a sílu paprsku působící na váhu. Pomocí těchto hodnot provedu výpočty a porovnám silový účinek proudu kapaliny z měření a výpočtu. Vyhodnocuji chybu měření a výtokový součinitel, který zjišťuji experimentálně, protože pro každý průměr trysky nabývá jiné hodnoty.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Prorok, T. The Measurement of Force Effects of Liquid Flow: Bachelor Thesis. Ostrava: Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, Faculty of Mechanical Engineering. VŠB – Technical University of Ostrava. 2011. 56 p. Thesis head Rautová J.

Bachelor thesis deals with measuring of the power effect of fluid flow. For this purpose it's measuring facility, in which fluid flow is simulated in different diameters of nozzle. Records period of measuring, volume of water, which flowed through during this period and power of beam acts on the weight. By using these values perform the calculations and compare power effect of fluid flow from measurements and calculations. I analyze a measurement error and the discharge coefficient, which I measurement experimentally, because for each nozzle diameter takes different values.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	7
ÚVOD.....	8
1 VĚTA O ZMĚNĚ HYBNOSTI A IMPULSOVÁ VĚTA.....	9
2 PRVKY PRO MĚŘENÍ PRŮTOKU	13
3 TRYSKY.....	16
3.1 Rozdělení trysek.....	16
3.2 Použití trysek.....	19
4 POPIS MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ	23
5 ZÁKLADNÍ MĚŘICÍ NÁSTROJE	24
5.1 Vodoměr.....	24
5.2 Váha	25
6 ČERPADLO	26
7 SPECIFIKACE PRVKŮ	27
8 POSTUP MĚŘENÍ	30
9 VYHODNOCENÍ VÝPOČTŮ.....	31
10 TABULKY NAMĚŘENÝCH A VYPOČTENÝCH HODNOT	35
11 GRAFY	36
ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
INTERNETOVÉ ODKAZY	40
SEZNAM OBRÁZKŮ	41
SEZNAM TABULEK.....	42
SEZNAM PŘÍLOH.....	42

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Značka	Význam	Jednotka
$F_{\text{nam.}}$	Naměřená síla	[N]
$F_{\text{vyp.}}$	Vypočtená síla	[N]
Re_T	Reynoldsovo číslo v trysce	[-]
Re_p	Reynoldsovo číslo v potrubí	[-]
S_p	Průtočná plocha v potrubí	[m ²]
S_T	Průtočná plocha v trysce	[m ²]
$V_{\text{kon.}}$	Konečný objem	[m ³]
$V_{\text{poč.}}$	Počáteční objem	[m ³]
Q_v	Objemový průtok	[m ³ .h ⁻¹]
d_p	Průměr potrubí	[m]
d_T	Průměr trysky	[m]
g	Tíhové zrychlení	[m.s ⁻²]
m	Hmotnost	[kg]
t	Čas	[s]
v_p	Rychlost proudění v potrubí	[m.s ⁻¹]
v_T	Rychlost proudění v trysce	[m.s ⁻¹]
ρ	Měrná hmotnost	[kg.m ⁻³]
ΔV	Rozdíl objemů	[m ³]
μ	Výtokový součinitel	[-]
ν	Kinematická viskozita	[m ² .s ⁻¹]

ÚVOD

V této bakalářské práci se věnuji měření silového účinku proudu kapaliny. Který lze definovat, jako oboustranné silové působení proudu vody s okolím. Oboustranně působí proud na stěnu potrubí, respektive stěna působí na proud, a vodní paprsek na překážku, například na pevnou stěnu nebo na lopatky oběžného kola. Znat sílu proudu kapaliny je vhodné proto, abychom dovedli navrhnout prvky namáhané touto silou, jako je například ukotvení armatur potrubí, nebo určit poháněcí sílu rotoru turbín či velikost tlaku při ostříku okují atd.

Cílem mé bakalářské práce je určení silového účinku proudu kapaliny jak měřením, tak výpočty. Aby bylo určení síly výpočtem co nejpřesnější, musím znát výtokový součinitel, který budu používat při výpočtech. Výtokový součinitel určím experimentálně. Z naměřených a vypočtených sil paprsku následně vyhodnotím chybu měření.

V první kapitole se zabývám základními rovnicemi pro výpočet síly paprsku a to větám o změně hybnosti a impulsové větě. V druhé kapitole je přehled prvků pro měření průtoku, jako jsou trysky, clony a dýzy. V této kapitole jsou uvedeny vztahy pro průtok těmito prvky a příklady použití. První části třetí kapitoly je věnována tryskám, a to jejich základní rozdělení podle použití, tvaru rozstříku, materiálu atd. Ve druhé části je uvedeno použití trysek v praxi. Čtvrtá kapitola popisuje měřicí zařízení, které bylo pro mou práci sestaveno. V ostatních kapitolách se věnuji popisu měřících zařízení, čerpadlu použitému v systému, specifikaci prvků, popisu měření, výpočtům, tabulkám naměřených a vypočtených hodnot a grafům.

1. VĚTA O ZMĚNĚ HYBNOSTI A IMPULSOVÁ VĚTA

Pro výpočet sil v proudící kapalině použijeme dvě věty, a to větu o změně hybnosti a impulsovou větu, která nám vlastně vyjadřuje zákon zachování hybnosti.

Impulsová věta:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F \, dt \quad (1.1)$$

Věta o změně hybnosti:

$$\Delta H = \int_{v_1}^{v_2} m \, dv \quad (1.2)$$

Z mechaniky tuhého tělesa již víme, že změna hybnosti je rovna impulsu síly:

$$\int_{v_1}^{v_2} m \, dv = \int_{t_1}^{t_2} F \, dt \quad (1.3)$$

Za předpokladu, že síla \vec{F} a hmotnost m budou konstantní, lze rovnici (1.3) integrovat. Budeme-li zároveň přepokládat $t_1 = 0, t_2 = t$

$$\vec{F}t = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) \quad (1.4)$$

Rovnici (1.4) můžeme ještě dále upravit a to tak, že ji vydělíme časem t .

$$\vec{F} = \frac{m}{t}(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = Q_m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = \vec{H}_2 - \vec{H}_1 \quad (1.5)$$

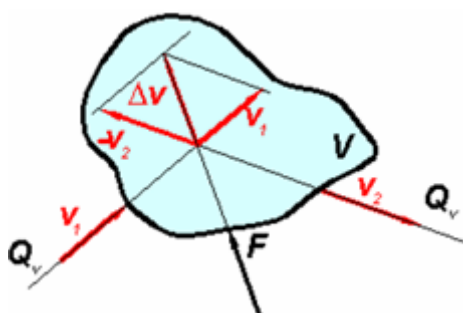
Poznámka: Rovnice (1.6) je hybnostní tok (průtoková hybnost).

$$\vec{H} = Q_m \vec{v} \quad (1.6)$$

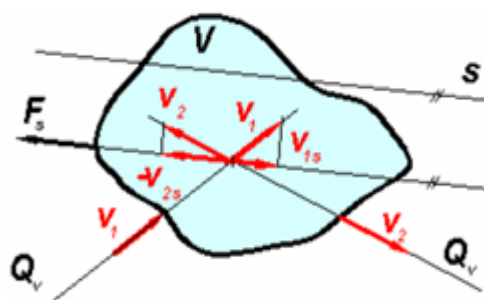
Tahle rovnice nám slouží k výpočtu síly \vec{F} , kterou působí plocha na proud kapaliny, takzvaně reakce. Síla \vec{F} vyvolaná proudící kapalinou neboli akce, musí být stejně velká s opačnou orientací.

$$\vec{F} = -|Q_m|(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = |Q_m|(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) \quad (1.7)$$

Hybnostní věta v mechanice tekutin říká, že síla proudu, která působí na kontrolní oblast se rovná změně hybnostního toku, který protéká kontrolní oblastí. Kontrolní oblast se volí tak, aby obepínala těleso, na němž se silový účinek proudu kapaliny vyjadřuje.



Obr. 1. 1 Věta o změně hybnosti při vzájemném působení proudu kapaliny s tělesem. [9]



Obr. 1. 2 Určení síly ve směru \vec{s} [9]

Abychom mohli vypočítat složky síly ve směru s , použijeme hybnostní větu.

$$\vec{F} = |Q_m| \Delta \vec{v}_s = |Q_m|(\vec{v}_{1s} - \vec{v}_{2s}) = \Delta \vec{H}_s \quad (1.8)$$

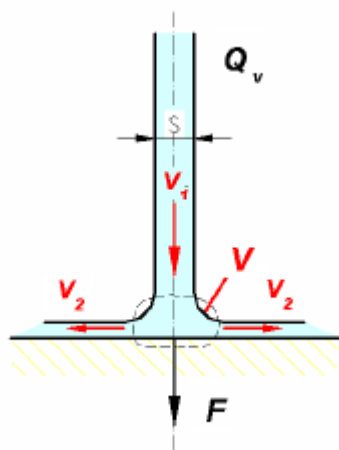
kde, \vec{v}_{1s} , \vec{v}_{2s} jsou složky \vec{v}_1 , \vec{v}_2 do směru \vec{s} .

Hybnostní věta v hydromechanice nám slouží k zjednodušení výpočtu sil, které bychom jinak museli počítat z Eulerovy rovnice hydrodynamiky, kterou bychom museli integrovat.

Aplikace věty o změně hybnosti

Příkladem, kdy používáme hybnost v hydrodynamice, je výpočet silových účinků paprsku kapaliny na desky a tělesa.

Paprsek kapaliny dopadající kolmo na rovinnou desku.



Obr. 1. 3 Účinek paprsku na svislou stojící desku [9]

Směr proudění se po dopadu paprsku na desku změní, kapalina se začne samovolně roztékat po desce.

Změnou hybnosti se vyvolá síla \vec{F} . Kontrolní objem V volíme tak, aby se nenarušila rychlost \vec{v}_1 ve vstupním průřezu proudu kapaliny, stejně tak ve výstupním průřezu musí mít totožný směr odtokové rychlosti \vec{v}_2 s povrchem desky. Tlaková energie bude konstantní a to z toho důvodu, že paprsek kapaliny proudí v ovzduší. Polohová energie se v našem případě bude měnit, ale bude zanedbatelná. Hydraulické odpory po dopadu na desku budeme zanedbávat, a proto musí být odtoková rychlost \vec{v}_2 stejná jako přítoková \vec{v}_1 . Tohle tvrzení vyplývá z Bernaulliho rovnice.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2 \quad (1.9)$$

V našem případě se jedná o desku ležící, kterou představuje vážná plocha o rozměrech 230 x 195 mm. Změna ve směru síly \vec{F} , to je ve směru svislém, je $\Delta\vec{v} = \vec{v}_1 - 0$, protože složka rychlosti \vec{v}_2 do směru síly \vec{F} nezasahuje tudíž je nulová. Hmotnostní průtok je objemový průtok vynásobený měrnou hmotností vody [9]:

$$Q_m = \rho Q_v \quad (1.10)$$

Síla \vec{F} je definována následující rovnicí:

$$\vec{F} = \rho |Q_v| \vec{v} = \rho S |v| \vec{v} \quad (1.11)$$

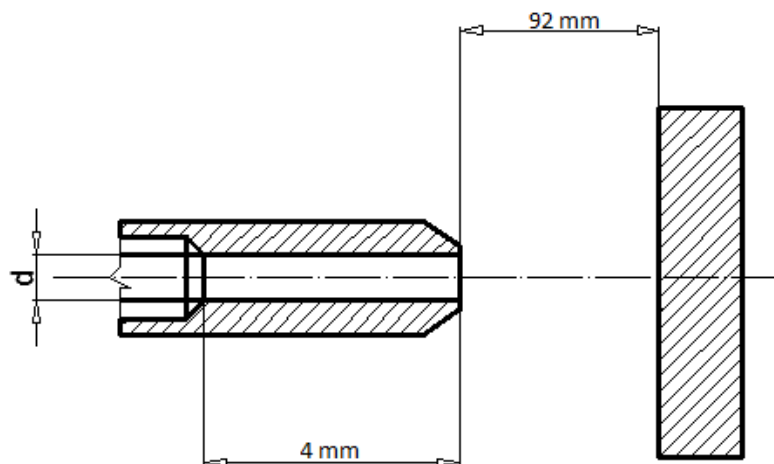
Její velikost je tedy:

$$F = \rho Q_v v = \rho S v^2 \quad (1.12)$$

2. PRVKY PRO MĚŘENÍ PRŮTOKU

Trysky

Trysky neboli dýzy, jsou konstantní hydraulické odpory, které plní v obvodu z hlediska řízení spíše pomocné funkce.



Obr. 2. 1 Tryska [7]

Trysky jsou místní odpory závislé na geometrii. Tryskou považujeme takový otvor, u kterého je poměr $l/d > 20$. Proudění v trysce je laminární.

Pro průtok tryskou je daný vztah:

$$Q = \mu S_t \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3. 1)$$

kde μ je součinitel výtoku

S_t je průřez clony v nejužším místě,

ρ je měrná hmotnost protékající kapaliny.

Součinitel výtoku se vypočte ze vztahu:

$$\mu = \frac{\alpha \varphi}{\sqrt{1 - \alpha^2 \left(\frac{S_t}{S_1}\right)^2}} \quad (3.2)$$

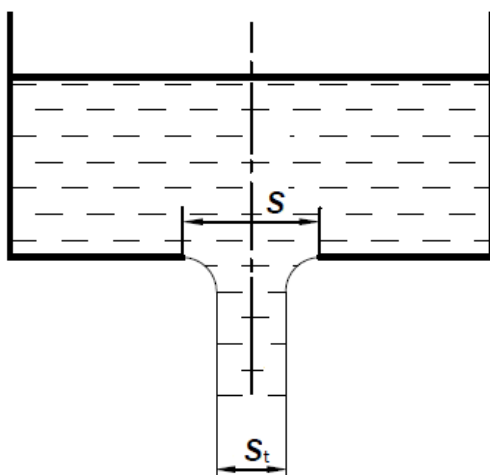
kde α je součinitelem zúžení paprsku: $\alpha = \frac{S}{S_t}$,

φ je rychlostní součinitel, vyjadřuje vliv třecích odporů kapaliny,

S je skutečný průřez paprsku v místě největšího zúžení,

S_t je teoretický průřez paprsku neboli otvor clony,

S_1 vnitřní průřez potrubí, ve kterém je clona umístěna.



Obr. 2. 2 Výtok z nádoby otvorem ve dně [4]

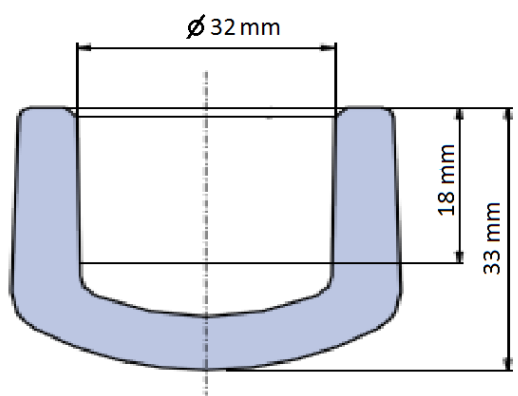
Poznámka: Je-li $\varphi \approx 1$ a $S_t \ll S_1$, můžeme položit $\mu = \alpha$.

Velikost výtokového součinitele μ závisí na Reynoldsově čísle Re , geometrii trysky a jakosti hran průtokového průřezu.

Clony se v obvodech používají k nastavení konstantního průtoku při daném konstantním tlakovém spádu dále pak k tlumení tlakových špiček, nebo velmi často ke stanovení průtoku ve vedení na základě měření tlakového spádu na ocejchované cloně.

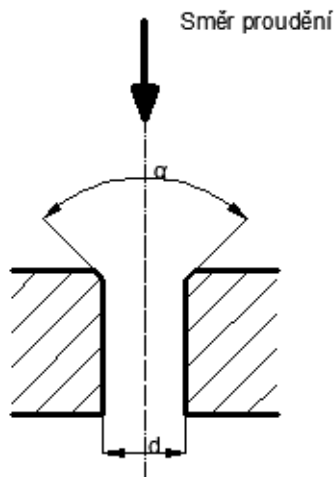
Trysku můžeme používat jako řídicí prvek, ve kterém paprsek kapaliny vtéká do volného prostředí nebo do prostředí s malým protitlakem – například trysky servoventilů, k tlumení tlakových kmitů a rázu, které by mohly poničit přístroje jako je například manometr [7].

V mém případě je tryška vyrobena ze záslepky na plastové potrubí od firmy Ekoplastik a to tím způsobem, že je do ní vyvrtána díra o různých průměrech.



Obr. 2. 3 Záslepka [12]

Díra, která je vyvrtaná do záslepky má upraven otřep pomocí vrtáku o větším průměru než má díra samotná. Důvodem je odstranění plastových otřepů, které zůstaly na hranách po vrtání. Toto zkosení je tak malé, že na výpočet nebude mít vliv.



Obr. 2. 4 Úprava hran

3. TRYSKY

3.1 Rozdělení trysek

Trysky se používají pro velkou řadu různých úkolů, a proto jsou na ně kladeny různé požadavky. Trysky se proto rozdělují podle jejich vlastností na:

1) Podle tvaru rozstříku

Dutý kužel - O rozstříku ve tvaru dutého kužele se hovoří tehdy, vytváří-li kapalina kruhovou nárazovou plochu ve tvaru prstence. Tento charakter je obecně formován použitím tangenciálního (tečného) vstupu do vířivé komory nebo vnitřním rýhovaným průzorem směřujícím přímo proti proudu vycházejícímu z otvoru. Toto víření kapaliny má za následek vytvoření dutého kužele při výstupu z otvoru trysky.



Obr. 3. 1 Dutý kužel [13]

Plný kužel - Charakter rozstříku ve tvaru plného kužele vytváří kulatou, čtvercovou nebo oválnou nárazovou plochu, která je vždy zcela pokryta kapkami. Tento charakter rozstříku je normálně formován vnitřním frézováním průzoru nebo použitím vířivého tělíska, které vytváří řízenou turbulenci (víření) kapaliny těsně před vstupem do ústí trysky. Kapénkové spektrum plného kužele má větší podíl kapek s velkým průměrem, než je tomu u rozstříku ve tvaru dutého kužele.



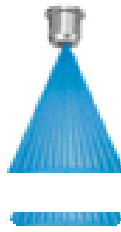
Obr. 3. 2 Plný kužel [13]

Plný proud - Charakter plného proudu je v zásadě stejnoměrný proud kapaliny vysílaný skrz vyvrtaný otvor, který na nástříkové ploše vytváří bodový obrazec. Nicméně, moderní trysky pro plný proud byly vylepšeny použitím vhodné vstupní komůrky a profilu před otvorem a/nebo přidáním vnitřních stabilizátorů toku. Tyto trysky mají delší integritu plného proudu a zpoždění začátku roztříštění proudu po opuštění otvoru trysky pro zajištění maximální nárazové síly paprsku.



Obr. 3. 3 Plný proud [13]

Plochý střík - Trysky s plochým charakterem rozstříku distribuují kapalinu ve tvaru vějíře. Plochý rozstřík eliptický je formován použitím elipsovitého designu otvoru, který svou geometrií umožňuje různé velikosti rozstříkových úhlů 5° - 125° . Tyto trysky jsou odolné proti ucpání. Mají neuzújící se nebo rovné okraje a jsou většinou používány pro čisticí aplikace, u kterých je požadován stejnoměrný dopad napříč celou šířkou plochy stříku bez překrývání.



Obr. 3. 4 plochý střík [13]

Rozprašování vzduchem - Pomocí přídavného plynného média lze dosáhnout nejvyššího stupně rozprachu pro danou kapacitu a tlak. Dle tvaru ústí trysky mohou vznikat různé tvary rozstříku: prstencový (dutý kužel), oválná nebo kruhová nárazová plocha (plný kužel), vějířovitý (plochý rozstřík). Speciální tryskovou hubičkou s více otvory lze vytvořit složený rozstřík s rozšířeným úhlem. Tvar rozstříku vydrží pouze tak dlouho, dokud je udržována průtoková rychlost rozprašovacího vzduchu. Rozstříkované kapky se mohou zcela vypařit, v závislosti na jejich velikosti, době ozáření, relativní vlhkosti a jiných okolních podmínkách.

2) Podle materiálu

- a) Mosaz
- b) Nerezová ocel
- c) Šedá litina
- d) Ušlechtilá ocel
- e) Polyacetal
- f) Slinutý karbid
- g) Keramika
- h) Tvrzená guma
- i) Polyamid
- j) Polyvinylchlorid

3) Podle připojení

- a) S vnitřním závitem
- b) S vnějším závitem
- c) S přírubou
- d) Letované / svážené

4) Podle velikosti kapek

- a) Mlhovina
- b) Jemné kapky
- c) Střední kapky
- d) Hrubé kapky

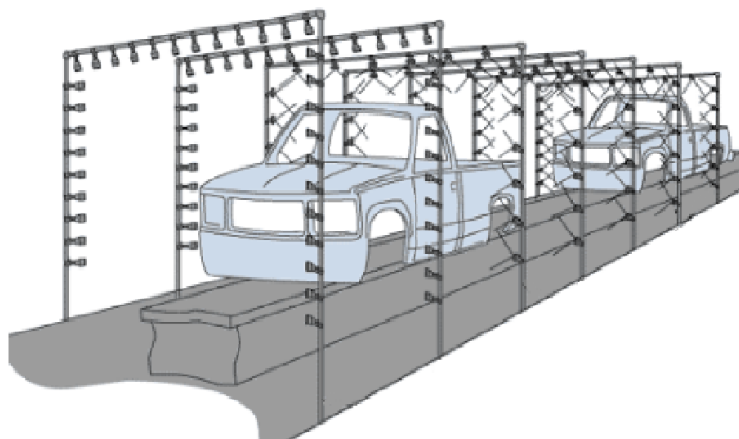
3.2 Použití trysek

Trysky se používají v různých průmyslových odvětvích, jako jsou například povrchové úpravy, strojírenství, ocelářství, potravinářství, chemický průmysl, a spousta dalších. Tak pro každé odvětví se musí použít ta správná tryska.

Některé konkrétní příklady použití trysek:

1) Automobilový průmysl:

V tomto oboru se trysky používají velmi často ve stříkacích pistolích, sprejových systémech a příslušenstvích. Typickým příkladem nasazení do provozu je například předúprava kovů, sušení dílů nebo čištění tanků od laků.



Obr. 3. 5 Automobilový průmysl [13]

2) Cementárny:

Efektivní a účinné chlazení plynů se stalo prioritou cementáren po celém světě. K hlavním důvodům patří zvýšená pozornost věnovaná emisím a nutnost navýšení produkce. Chlazení prostřednictvím odpařování postřiku stále představuje nejlepší způsob kontroly teploty plynů, snižování jejich objemu a zajištění zvlhčování.

3) Elektronický průmysl

Výrobci plošných spojů, integrovaných obvodů a CRT obrazovek požadují takové sprejové trysky, které se mohou chlubit konzistentní charakteristikou rozstříku a zároveň špičkovou odolností vůči působení chemikálií.

4) Farmaceutický průmysl

Ve farmaceutickém průmyslu se používají trysky pro tyto úkoly:

- a) Bezúdržbové potahování tablet
- b) Konzistentní sprejové sušení
- c) Spolehlivé mytí tanků
- d) Sanitace a čištění dopravníků, zařízení, nádrží a další

5) Mytí automobilů

Trysky se mohou zdát pouhou zanedbatelnou částí myčky automobilů, ať už samoobslužné, průjezdné nebo automatické. Tyto malé součásti však mají obrovský vliv na míru vaší ziskovosti. Používání nevhodných nebo opotřebovaných trysek vás snadno může stát desítky tisíc korun ročně.

6) Zasněžovací systémy



Obr. 3. 6 Zasněžovací systém

7) Ofukování



Obr. 3. 7 Ofukování [13]

8) Tlakové mytí



Obr. 3. 8 Tlakové mytí [13]

9) Trysky pro mytí tanků a nádrží



Obr. 3. 9 Trysky pro mytí tanků a nádrží [13]

10) Mazání

Použití nevhodné trysky pro daný provoz může přinést mnoho problémů. Je nutné věnovat pozornost kapacitě trysky, charakteristice rozstříku i vzdálenosti sprejovaného povrchu od trysky. Poté je třeba vzít v úvahu velikost sprejovaného povrchu, lubrikant a rychlost linky.

11) Ocelářský průmysl

Precizní výkon sprejových trysek je klíčový pro všechny oblasti výroby oceli – chlazení v provozech kontinuálního lití, odokujování, chlazení válců, moření, oplachování, ochlazování a čištění [13].

12) Požární technika



Obr. 3. 10 Požární technika

13) Zavlažování

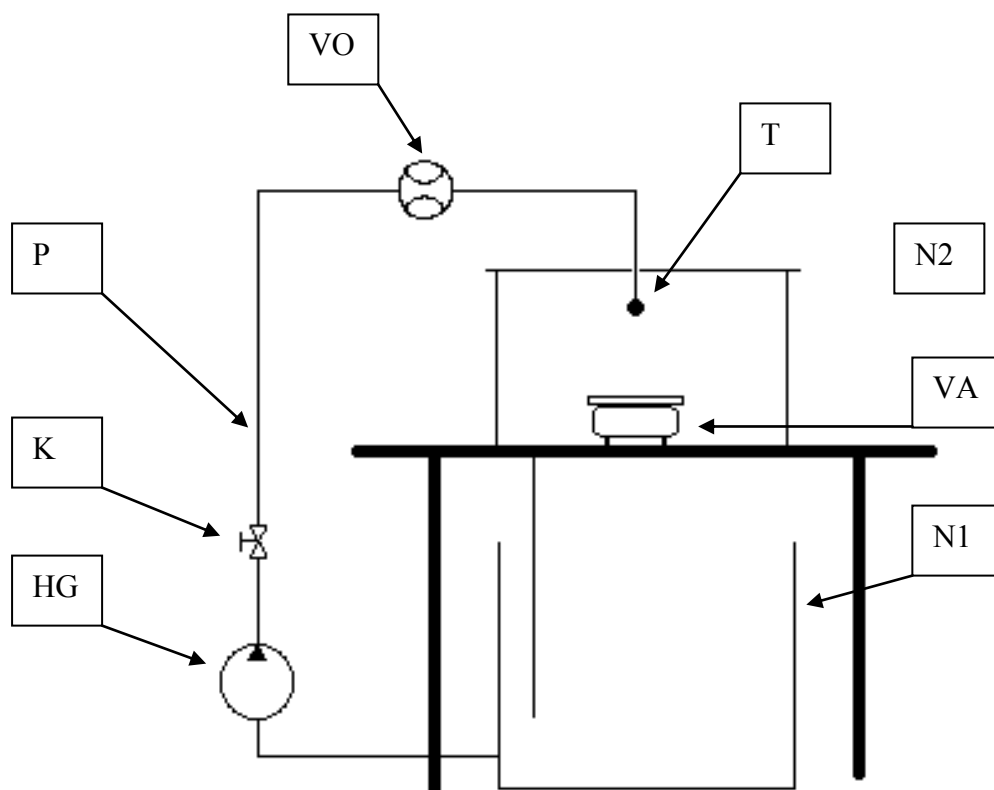
14) Potravinářský průmysl

15) Papírenský průmysl

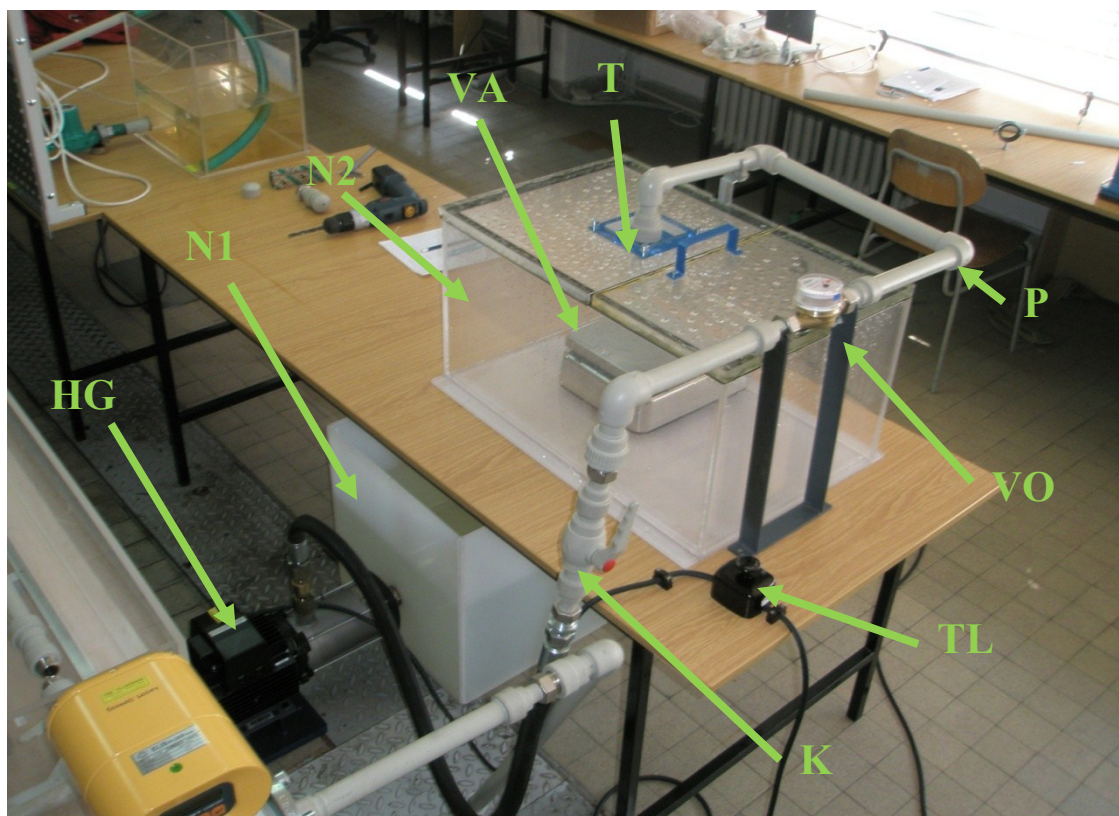
4. POPIS MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ

Měřicí obvod se skládá z těchto prvků: Nádrž na vodu (N1), čerpadlo (HG), kulový kohout (K) nebo přímý ventil (VP), potrubí (P), vodoměr (VO), tryska (T), váha (VA), nádrž s váhou (N2). Čerpadlo je spouštěno pomocí tlačítka „VYPNI-ZAPNI“ (TL).

Funkce obvodu: Voda z nádrže N1 je nasávána pomocí čerpadla HG a vháněna do systému. Za čerpadlem je umístěná zpětná klapka, aby se voda po vypnutí čerpadla nevracela zpátky do nádrže N1 a tím nevznikaly nepřesnosti při odečítání na vodoměru. Dalším prvkem v obvodu je kulový ventil K, (nebo přímý ventil VP), kterým je možné regulovat průtok. Následuje vodoměr VO, který měří objem protečené vody za dobu měření. Potrubí je zakončeno vyměnitelnou tryskou T o průměrech 3 mm až 9 mm. Voda je pomocí trysky vstřikována svisle na váhu VA, která měří hmotnost dopadajícího paprsku. Váha je umístěná v nádrži N2, ze které je voda odváděna samospádem zpět do nádrže N1.



Obr. 4. 1 Schéma měřicího zařízení



Obr. 4. 2 Pohled na měřicí zařízení

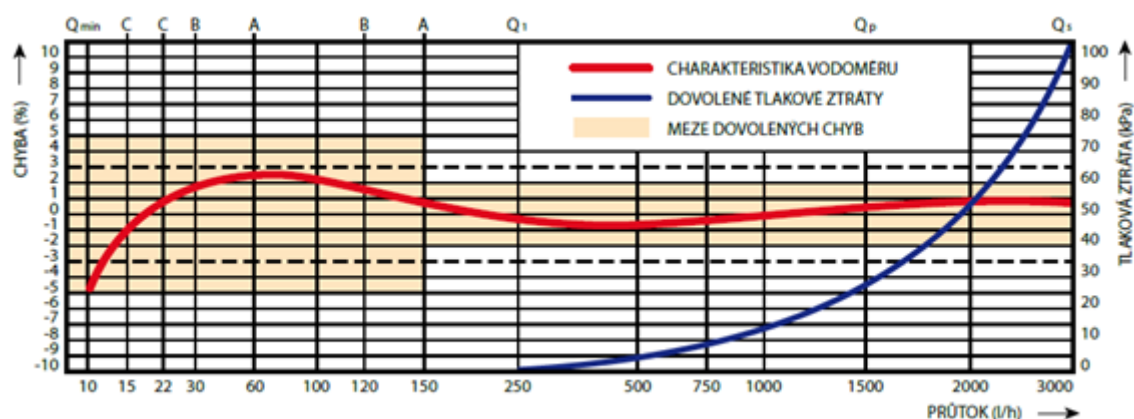
5. ZÁKLADNÍ MĚŘICÍ NÁSTROJE

5.1 Vodoměr

Bytový suchoběžný vodoměr ENBRA EV na studenou a teplou vodu.

Technická specifikace:

- pro měření studené vody do 30 °C a teplé vody do 90 °C,
- dvouložiskové uložení měřícího ústrojí v safírových ložiscích,
- jednovtokový lopatkový suchoběžný vodoměr,
- montáž horizontální i vertikální,



Obr. 5. 1 Teoretická křivka chyb a tlaková ztráta vodoměru ENBRAV EV [14]

5.2 Váha

Nerezová kompaktní váha s krytím proti prachu a stříkající vodě. Mezi rozšířené funkce patří tři různé režimy kontroly hmotnosti: 1. kontrola cílové váhy 2. rozřazovací – dělení produktů do skupin dle jejich váhy 3. kontrola odchylky, zobrazuje vážní odchylku od cílové váhy produktu. Napájení váhy pomocí baterií.

Technické údaje	
Váživost:	6 kg
Dílek:	1 g
Rozměr vážní plochy:	230 x 195 mm
Alternativní napájení:	baterie
Výdrž na baterie:	1400 hodin
Rozměr váhy:	242 x 292 x 129 mm
Displej:	LCD
Provedení vážní plochy:	nerez
Provedení konstrukce:	nerez
Provozní teplota:	-10°C » +40°C
Prostředí:	suché, prašné, vlhké, stříkající voda, chemicky agresivní
Tisk:	bez tisku
Komunikační rozhraní:	-
Funkce váhy:	vážení, tárování, nulování, 3 režimy kontroly hmotnosti

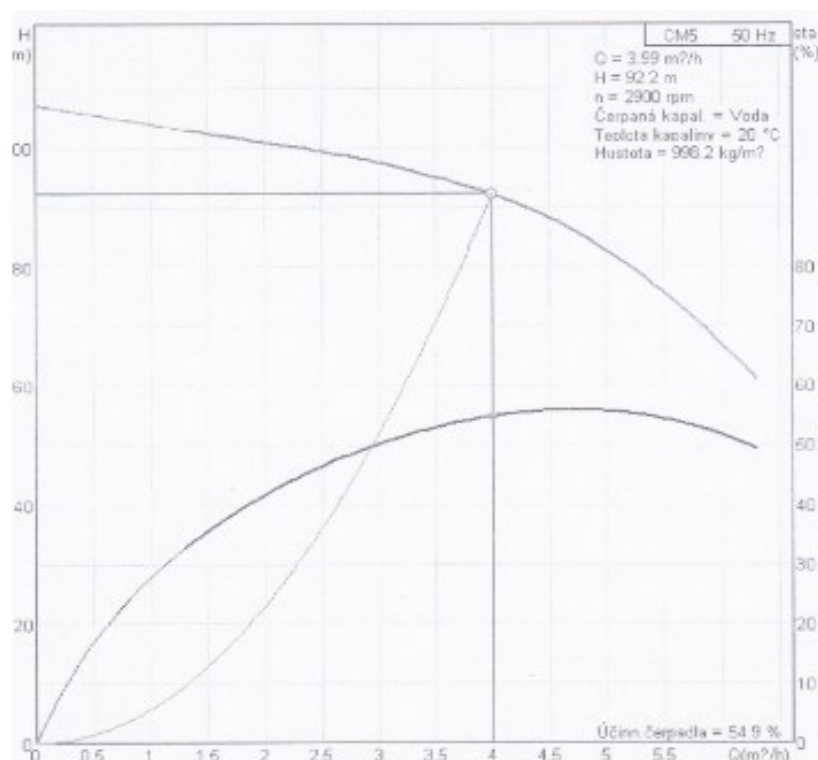
Obr. 5. 2 Technické údaje váhy Digi TCW-WP 06 [11]

6. ČERPADLO

Čerpadla Grundfos CM jsou horizontální, vícestupňová odstředivá čerpadla určená k čerpání čistých, řídkých a nevýbušných kapalin, neobsahující žádné pevné složky ani vláknité nečistoty, které by mohly být mechanicky nebo chemicky agresivní vůči konstrukčním materiálům.

Technické parametry:

Průtok	$Q = 1,306 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Dopravní výška	$H = 92,2 \text{ m}$
Otáčky	$n = 2900 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
Rozsah teplot kapaliny	$t = -20 \div 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Maximální provozní tlak	$p_{\text{max}} = 16 \text{ bar}$
Výkon	$P = 1,7 \text{ kW}$
Hmotnost	$m = 25,4 \text{ kg}$



Obr. 6. 1 Charakteristika čerpadla [15]

7. SPECIFIKACE PRVKŮ

Nádrž (N1)

Objem nádrže: 140 dm^3

Výrobce: Valder Špalek – Plexi



Nádrž (N2)

Objem nádrže: 100 dm^3

Výrobce: Valder Špalek – Plexi



Čerpadlo (HG)

Typ: Odstředivé horizontální

Průtok: $Q_v = 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Výtlak: $H = 92,2 \text{ m}$

Otáčky: $2900 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Dodavatel: GRUNDFOS



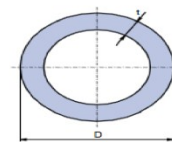
Potrubí (P)

Typ: STR 032P16X

Vnější průměr: 32 mm

Vnitřní průměr: 23,2 mm

Výrobce: WAVIN Ekoplastik s.r.o.



Koleno 90° (K)

Typ: SKO 03290XX

Vnitřní průměr: 32 mm

Výrobce: WAVIN Ekoplastik s.r.o.



Tryska (T)

Průměry trysek: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 mm

Vyrobena ze záslepky:

Typ: SZA 032XXXX

Vnitřní průměr: 32 mm

Výrobce: WAVIN Ekoplastik s.r.o.



Vodoměr (VO)

Přesnost měření: 0,0001 m³

Výrobce: ENBRA Slezsko s.r.o.



Váha (VA)

Typ: Digi TCW-WP 06

Váživost: 6 kg

Přesnost měření: 1g

Rozměry: 242 x 292 x 129 mm

Dodavatel: Novum Opava

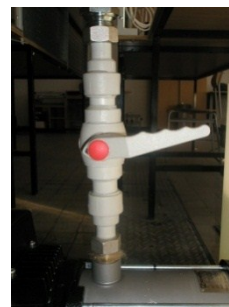


Kulový kohout (K)

Typ: SVEK032XXX

Vnitřní průměr: 32 mm

Výrobce: WAVIN Ekoplastik s.r.o.



Ventil přímý (VP)

Typ: SVE032XXX

Vnitřní průměr: 32 mm

Výrobce: WAVIN Ekoplastik s.r.o.



8. POSTUP MĚŘENÍ

1. Zkontroluji polohu kulového ventilu, musí být zcela otevřený.
2. Oddělám kryt nádrže (N2) a zapnu váhu (VA). Následně opět zakryji nádrž.
3. Na vodoměru (VO) si opíšu počáteční hodnotu.
4. Spustím stopky a současně i čerpadlo pomocí tlačítka „tahem zapni/stiskem vypni“, které je umístěno na stole vedle nádrže (N2).
5. Během měření doby průtoku si zaznamenám hmotnost paprsku, který působí na váhu.
6. Vypnu stopky i čerpadlo a zapíšu si naměřenou dobu průtoku, která by měla být minimálně 30 sekund, kvůli pulsaci paprsku, a objem vody, který během této doby protekl.
7. Kulový ventil, který je zcela otevřený mírně zavřu a opakuju měření.
8. Toto měření opakuju několikrát. Pokaždé pro různé polohy kulového kohoutu. Další měření lze provést pro různé průměry trysek.
9. Počet měření pro jeden průměr trysky je minimálně 10.

9. VYHODNOCENÍ VÝPOČTŮ

Názorné výpočty pro jedno měření u trysky o průměru 8 mm.

1. Nejprve si musím vypočíst, jaký objem vody za dané měření protekl, abych následně vypočetl objemový průtok.

$$V = V_{\text{Kon.}} - V_{\text{Poč.}} = 2,2397 - 2,2033 = 0,0364 \text{ m}^3 \quad (5. 1)$$

2. Objemový průtok se vypočte jako objem kapaliny za dobu, kterou kapaliny protékala.

$$Q_v = \frac{V}{t} = \frac{0,0364}{30,152} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (5. 2)$$

$$Q_v = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 4,346 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

3. Rychlost kapaliny v potrubí lze určit z rovnice kontinuity.

$$Q_v = S \cdot v \rightarrow v = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot d^2} \quad (5. 3)$$

Rychlost kapaliny vypočítám pro proudění v potrubí STR032P16X jejíž vnitřní průměr je 23,2 mm a také pro proudění v trysce o průměru $d=5$ mm.

$$v_p = \frac{4 \cdot 4,346}{\pi \cdot 0,0232^2 \cdot 3600} = 3,091 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5. 4)$$

$$v_t = \frac{4 \cdot 4,346}{\pi \cdot 0,005^2 \cdot 3600} = 24,017 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5. 5)$$

4. Síla paprsku působící na rozlehlou stojící desku se vypočítá ze vztahu:

$$F = \rho \cdot Q_v \cdot v \quad (5.6)$$

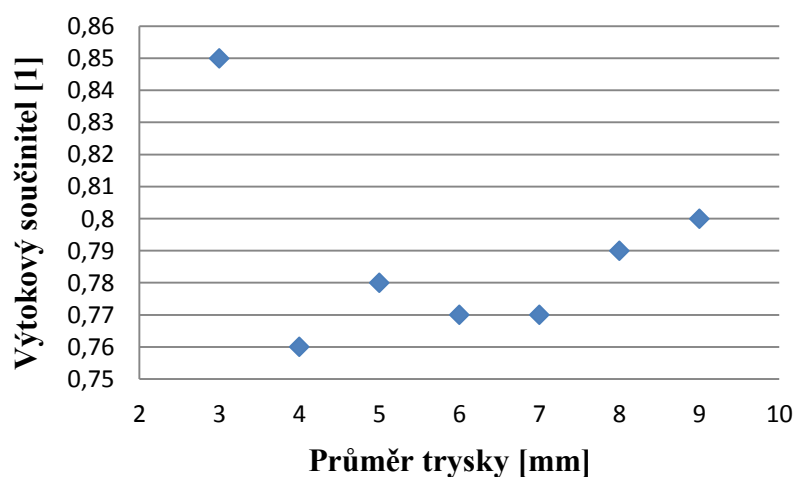
do této rovnice si pro přesnější výsledek dosadím upravenou rovnici (5.7).

$$Q_v = S \cdot v \cdot \mu \rightarrow v = \frac{Q_v}{S \cdot \mu} \quad (5.7)$$

kde μ je výtokový součinitel, který jsem určil experimentálně. Pro dané průměry jsem určil tyto výtokové součinitele:

d [mm]	μ [1]
3	0,85
4	0,76
5	0,78
6	0,77
7	0,77
8	0,79
9	0,8

Tab. 9. 1 Závislost výtokového součinitele na průměru trysky



Graf. 9. 1 Závislost výtokového součinitele na průměru trysky

Poté dostanu vztah, do kterého dosadím.

$$F = \rho \cdot Q_v \cdot \frac{Q_v}{S \cdot v} \quad (5.8)$$

$$F = 998 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{5,03 \cdot 10^{-5} \cdot 0,79} = 36,627 \text{ N} \quad (5.9)$$

5. Pro porovnání si vypočítám sílu z naměřené hmotnosti:

$$F = m \cdot g = 3,668 \cdot 9,81 = 35,983 \text{ N} \quad (5.10)$$

6. Pokud znám rychlost kapaliny, průměr potrubí a trysky, můžeme vypočítat Reynoldsovo číslo jak pro proudění v potrubí tak pro proudění v trysce. K tomuto výpočtu potřebujeme znát i kinematickou viskozitu vody, která má při normální pokojové teplotě hodnotu $\nu = 1,004 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (5.11)$$

$$Re_t = \frac{24,017 \cdot 0,008}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 191369 \quad (5.12)$$

$$Re_p = \frac{3,091 \cdot 0,025}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 68653 \quad (5.13)$$

7. Pokud znám Reynoldsovo číslo, určím, zda se jedná o proudění kapaliny laminární nebo turbulentní. A to pomocí $Re_{krit.} = 2320$. V mém případě se jedná o proudění turbulentní

8. V posledním kroku vypočítám relativní chybu měření, kterou vztahuji k vypočtené síle.

$$\delta = \frac{F_{\text{vyp.}} - F_{\text{nam.}}}{F_{\text{vyp.}}} \cdot 100 \quad (5.14)$$

$$\delta = \frac{36,627 - 35,983}{36,627} \cdot 100 = 1,759 \% \quad (5.15)$$

Výpočty se týkají pouze hodnot prvního řádku v následující tabulce, ostatní výpočty jsou provedeny v Excelu, stejný výpočet platí i pro ostatní průměry trysek. Tabulky a grafy, porovnávající sílu naměřenou a sílu vypočtenou, jsou v příloze.

10. TABULKY NAMĚŘENÝCH A VYPOČTENÝCH HODNOT

Měřené veličiny				
n	t	V _{poč.}	V _{kon.}	m
[-]	[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]
1	30,152	2,2033	2,2397	3,668
2	33,364	2,1640	2,2033	3,694
3	30,207	2,2397	2,2695	2,810
4	30,466	2,2695	2,2950	1,650
5	30,221	2,3305	2,3550	1,580
6	30,346	2,3550	2,3765	1,162
7	30,276	2,2950	2,3138	0,818
8	30,341	2,3765	2,3900	0,474
9	30,724	2,3138	2,3240	0,332
10	29,898	2,3240	2,3305	0,074

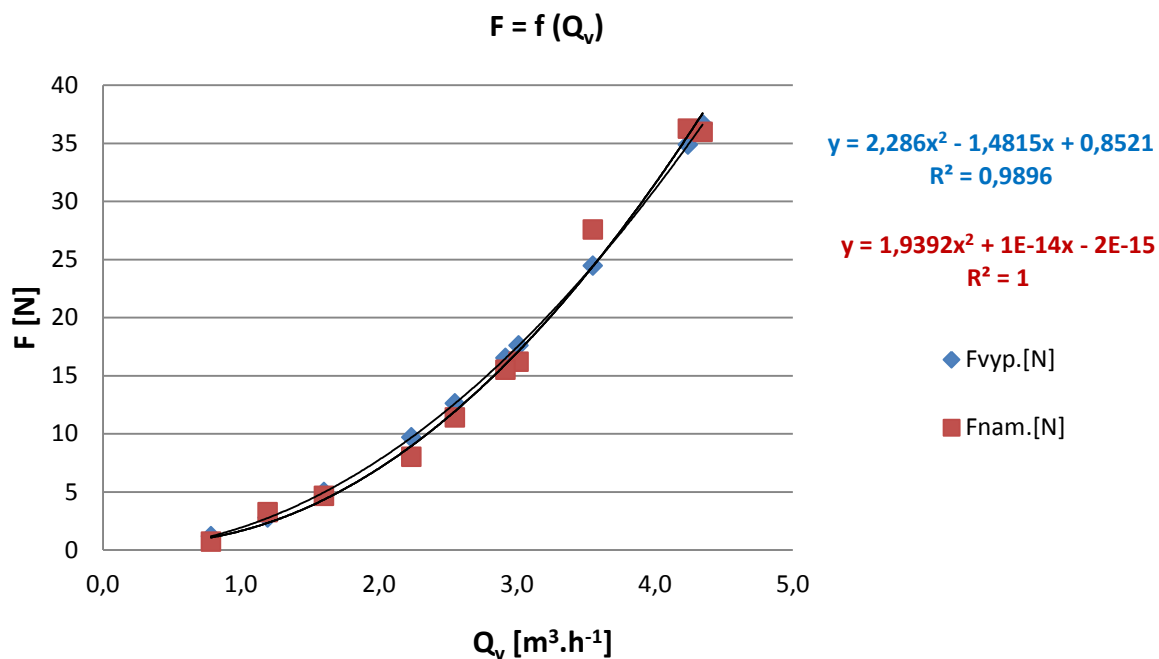
Tab. 10. 1 Naměřené hodnoty

Vypočtené hodnoty								
ΔV	Qv	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
0,0364	4,346	24,017	3,091	191369	68653	36,627	35,983	1,759
0,0393	4,240	23,434	3,016	186724	66986	34,871	36,238	-3,921
0,0298	3,551	19,626	2,526	156385	56102	24,460	27,566	-12,700
0,0255	3,013	16,652	2,143	132682	47599	17,607	16,187	8,067
0,0245	2,919	16,128	2,076	128512	46103	16,518	15,500	6,162
0,0215	2,551	14,095	1,814	112311	40291	12,616	11,399	9,642
0,0188	2,235	12,353	1,590	98434	35313	9,691	8,025	17,192
0,0135	1,602	8,852	1,139	70533	25303	4,976	4,650	6,544
0,0102	1,195	6,605	0,850	52627	18880	2,770	3,257	-17,579
0,0065	0,783	4,325	0,557	34463	12364	1,188	0,726	38,888

Tab. 10. 2 vypočtené hodnoty

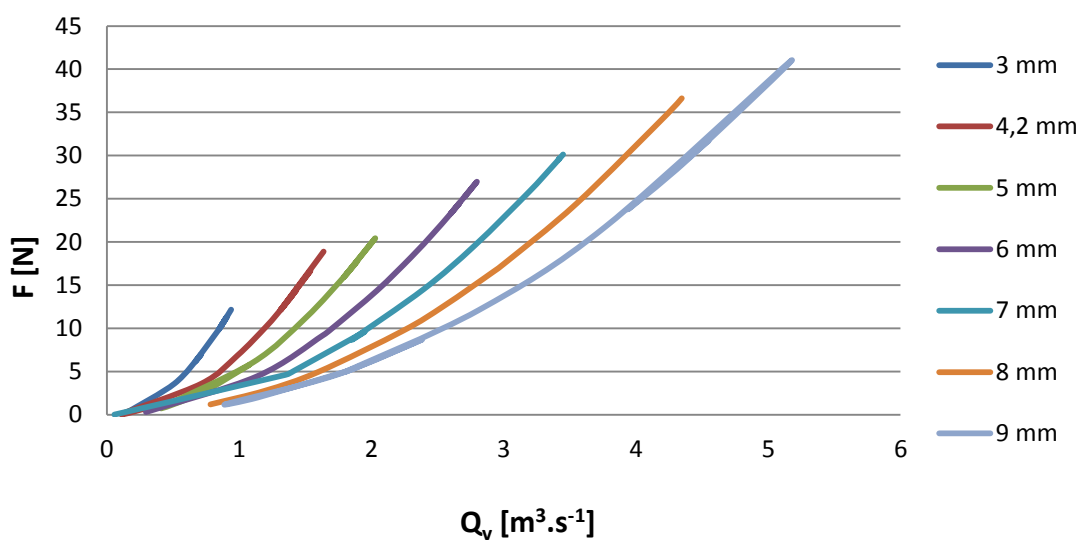
11. GRAFY

Graf znázorňuje závislost síly naměřené i vypočtené na objemovém průtoku.

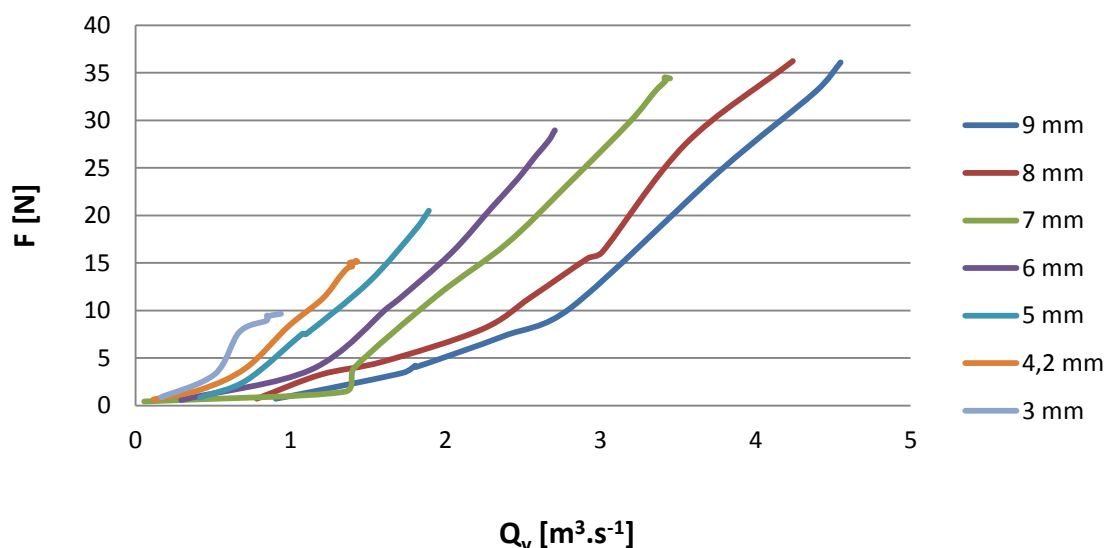


Graf. 11. 1 Porovnání naměřené a vypočtené síly

Následující dva grafy znázorňují závislosti síly naměřené i vypočtené na objemovém průtoku pro všechny průměry trysek. (3 mm, 4,2 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm).



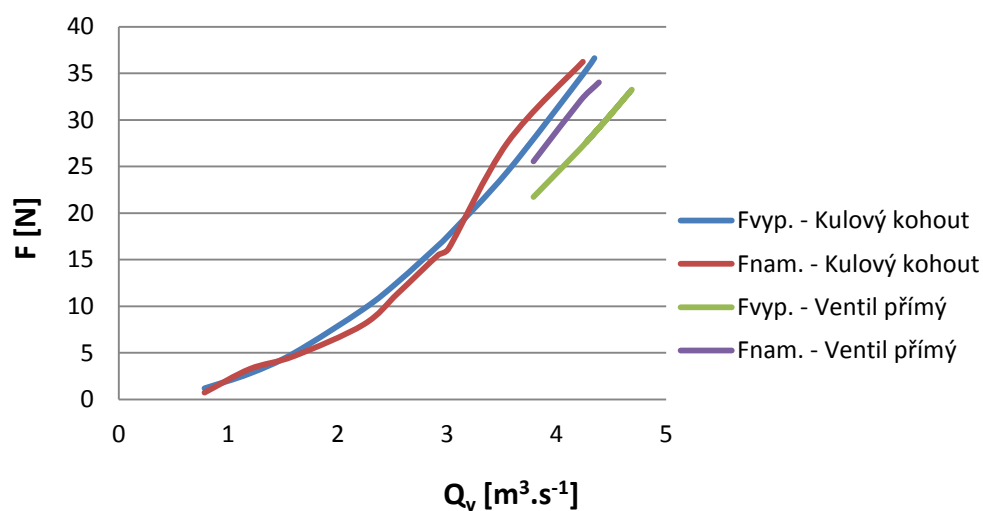
Graf. 11. 2 Porovnání vypočtených hodnot



Graf. 11. 3 Porovnání naměřených hodnot

Před měřením byla kontrolována hodnota ustálení. Bylo provedeno deset měření při zcela otevřeném kulovém kohoutu a porovnáním naměřených hodnot určen čas měření. V mém případě byl čas určen na dobu 30 sekund.

Pro ještě přesnější výsledky jsme v měřicím zařízení vyměnili kulový kohout za přímý ventil. Rozdíl mezi kulovým kohoutem a přímým ventilem je v průtoku látky a rychlosti regulace průtoku, kohout má průtok přímý a polohu otevřenou a zavřenou rozděluje 90°. Tím může vzniknout ráz v kapalinovém potrubí při rychlém uzavření. Ventilem protéká medium tvarovým kanálkem, uzavření mnohonásobným otočením a dotlačení těsněné částí na sedlo, delší dobou uzavírání je eliminován uzavírací ráz, ventil je určen pouze pro jeden směr průtoku media.



Graf. 11. 4 Porovnání kulového kohoutu a přímého ventilu

Hlavním důvodem záměny těchto dvou regulátorů průtoku byla domněnka, že při uzavírání ventilu o půl otáčky bude průtok v potrubí klesat rovnoměrně. Ovšem to se nepotvrdilo, a průtok zůstal během měření v přibližně stejných hodnotách až do úplného uzavření, kdy byl průtok nulový.

Tento jev mohl být zapříčiněn tím, že měl přímý ventil příliš velký odpor. Tabulky naměřených a vypočtených hodnot spolu s grafy jsou umístěny v příloze.

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala měřením silového účinku proudu kapaliny, kde proudícím médiem byla voda. Měření probíhalo na měřicím zařízení, které bylo pro mou práci sestaveno. Měření se provádělo pro různé průměry trysek a to od 3 do 9 mm. Zaznamenával se čas měření, objem vody protečené během měření a hmotnost, kterou paprsek vyvolal na váze. Průtok byl regulován kulovým kohoutem nebo přímým ventilem. V prvním případě byl průtok regulován pomocí kulového kohoutu. Výsledky naměřené a vypočtené síly paprsku se mírně lišily, a proto byl pro přesnější měření kohout vyměněn za přímý ventil. Předpoklad, že průtok i síla paprsku budou klesat rovnoměrně a měření bude přesnější, se nepotvrdil, protože průtok a síla paprsku při uzavírání přímého ventilu klesala jen nepatrně. To mohlo být zapříčiněno velkým odporem ventilu. V závěru lze říct, že pro mé měření bylo lepší použít kulový kohout, i když se naměřené a vypočtené hodnoty síly lišily v průměru chybou 15 %. Pravděpodobná chyba měření je způsobena při odečítání hodnot z váhy, protože paprsek pulsoval a trvalo dlouho, než se ustálil, ale i poté hodnoty mírně pulsovaly a hodnota nešla zcela přesně určit. Nepředpokládám chybu, při odečítání hodnot na vodoměru, který má přesnost $0,0001 \text{ m}^3$. Z naměřených hodnot je patrné, že s rostoucím průměrem trysky rostl i průtok a zároveň s rostoucím průtokem stoupala síla proudu kapaliny. Výtokový součinitel jsem určil experimentálně viz. Tab. (9.1). Dále z naměřených hodnot vyplývá, že pro malé síly je chyba měření větší, než pro velké.

Na závěr bych chtěl navrhnout změny na měřicím zařízení, které odstraní nepředpokládané konstrukční nedostatky, aby bylo možno měřit sílu proudu kapaliny i pro průměry trysek větší než 9 mm, a to přidáním odtoků z nádrže N2 do nádrže N1 nebo se stávající odtok zvětší. Při stávajícím odtoku není možno měřit větší průměry trysek, protože váha je již zcela zalita vodou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NOSKIEVIČ, J. *Mechanika tekutin. Praha*, 1987. 354 s.
- [2] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 159 s. 80-03-00308-3.
- [3] JANALÍK, J. *Měření tekutinových mechanismů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1995. 155 s.
- [4] BOJKO, M.; KOZUBKOVÁ, M.; RAUTOVA, J. *Základy hydromechaniky a zásobování hasiv*. Ostrava: SPBI Ostrava, 2008. 198 s. ISBN 978-80-7385-033-3.
- [5] JANOUŠEK, I.; KOZÁK, J.; TARABA, O. *Technická diagnostika*. STNL Praha, 1988. 432 s.
- [6] JANALÍK, J.; ŠTÁVA, P. *Mechanika tekutin*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1995. 128 s.
- [7] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy díl 2*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s.
- [8] DRÁBKOVÁ, S.; KOZUBKOVÁ, M. *Cvičení z mechaniky tekutin*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002. 147 s.
- [9] DRÁBKOVÁ, S.; a kolektiv. *Mechanika tekutin*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 257 s.
- [10] Shashi Menon, E. *Piping Calculations Manual*. London, 2004. 666 s.

INTERNETOVÉ ODKAZY:

- [11] Dostupné dne 7.3. 2011 na: [http://www.levnevahy.cz/vodeodolna -vaha-digi-tcw-wp-06a-sid-ipv1160-detail](http://www.levnevahy.cz/vodeodolna-vaha-digi-tcw-wp-06a-sid-ipv1160-detail)
(Váha digi TCW-WP 06)
- [12] Dostupné dne 25.11.2010 na: <http://www.ekoplastik.cz>
(Katalog firmy Wavin Ekoplastik s.r.o.)
- [13] Dostupné dne 14.2.2011 na: http://www.trysky.cz/produkty_typy.php
(Katalog firmy Spraying System CZ)
- [14] Dostupné dne 11.5.2011 na: <http://www.enbra.cz/bytove-vodomery/>
(Katalog firmy Enbra a.s.)
- [15] Dostupné dne 20.4.2011 na: <http://www.grundfos.cz/>
(Katalog firmy Grundfos s.r.o.)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. 1 Věta o změně hybnosti při vzájemném působení proudu kapaliny s tělesem. [9]	10
Obr. 1. 2 Určení síly ve směru s [9].....	10
Obr. 1. 4 Účinek paprsku na svislou stojící desku [9]	11
Obr. 2. 1 Tryska [7]	13
Obr. 2. 2 Výtok z nádoby otvorem ve dně [4]	14
Obr. 2. 3 Záslepka [11]	15
Obr. 2. 4 Úprava hran	16
Obr. 3. 1 Dutý kužel [12].....	16
Obr. 3. 2 Plný kužel [12].....	17
Obr. 3. 3 Plný proud [12].....	17
Obr. 3. 4 plochý střík [12].....	18
Obr. 3. 5 Automobilový průmysl [12]	19
Obr. 3. 6 Zasněžovací systém [12]	20
Obr. 3. 7 Ofukování [12]	21
Obr. 3. 8 Tlakové mytí [12]	21
Obr. 3. 9 Trysky pro mytí tanků a nádrží [12].....	21
Obr. 3. 10 Požární technika	22
Obr. 4. 1 Schéma měřícího zařízení.....	23
Obr. 4. 2 Pohled na měřící zařízení	24
Obr. 5. 1 Teoretická křivka chyb a tlaková ztráta vodoměru ENBRAV EV [13].....	25
Obr. 5. 2 Technické údaje váhy Digi TCW-WP 06 [10]	25
Obr. 6. 1 Charakteristika čerpadla [14].....	26

SEZNAM TABULEK

Tab. 9. 1 Závislost výtokového součinitele na průměru trysky	32
Tab. 10. 1 Naměřené hodnoty	35
Tab. 10. 2 Vypočtené hodnoty	35

SEZNAM PŘÍLOH

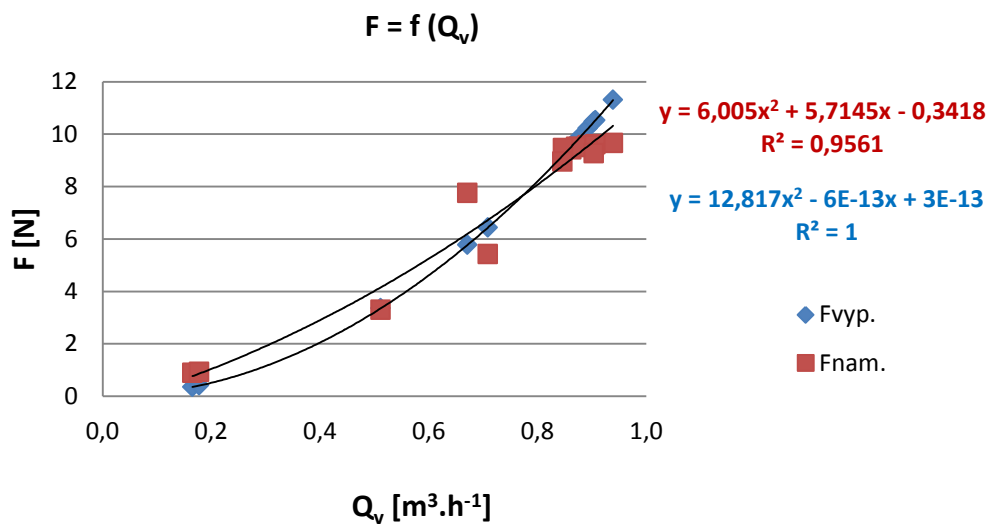
Příloha 1. Tryska o průměru 3 mm – kulový kohout.....	45
Příloha 2. Tryska o průměru 4,2 mm – kulový kohout.....	46
Příloha 3. Tryska o průměru 5 mm – kulový kohout.....	47
Příloha 4. Tryska o průměru 5 mm – kulový kohout – plné otevření.....	48
Příloha 5. Tryska o průměru 6 mm – kulový kohout.....	49
Příloha 6. Tryska o průměru 7 mm – kulový kohout.....	50
Příloha 7. Tryska o průměru 9 mm – kulový kohout.....	51
Příloha 8. Tryska o průměru 4 mm – přímý ventil	52
Příloha 9. Tryska o průměru 5 mm – přímý ventil	53
Příloha 10. Tryska o průměru 5 mm – přímý ventil – plné otevření	54
Příloha 11. Tryska o průměru 6 mm – přímý ventil	55
Příloha 12. Tryska o průměru 9 mm – přímý ventil	56

Příloha 1.

Tryska o průměru 3 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
30,67	1,204	1,212	0,984	0,008	0,939	36,903	0,668	110267	14834	11,302	9,653	14,6
30,82	1,212	1,220	0,968	0,008	0,876	34,431	0,623	102882	13841	9,839	9,496	3,5
31,31	1,228	1,236	0,960	0,008	0,862	33,892	0,613	101272	13624	9,533	9,418	1,2
31,77	1,236	1,244	0,980	0,008	0,906	35,619	0,645	106432	14318	10,530	9,614	8,7
30,24	1,244	1,251	0,976	0,007	0,893	35,082	0,635	104828	14102	10,215	9,575	6,3
30,98	1,251	1,259	0,970	0,008	0,871	34,246	0,620	102328	13766	9,733	9,516	2,2
31,86	1,259	1,266	0,964	0,008	0,847	33,303	0,603	99511	13387	9,205	9,457	-2,7
30,67	1,266	1,274	0,944	0,008	0,904	35,519	0,643	106132	14278	10,470	9,261	11,6
30,63	1,281	1,289	0,912	0,007	0,846	33,253	0,602	99360	13367	9,177	8,947	2,5
32,19	1,290	1,296	0,790	0,006	0,671	26,368	0,477	78788	10599	5,770	7,750	-34,3
30,48	1,309	1,315	0,552	0,006	0,709	27,849	0,504	83213	11195	6,437	5,415	15,9
30,26	1,316	1,321	0,336	0,004	0,512	20,101	0,364	60064	8080	3,353	3,296	1,7
30,52	1,315	1,316	0,090	0,001	0,165	6,489	0,117	19390	2609	0,349	0,883	-152,6
30,37	1,289	1,290	0,094	0,002	0,178	6,988	0,126	20879	2809	0,405	0,922	-127,6

Tab. Příloha 1



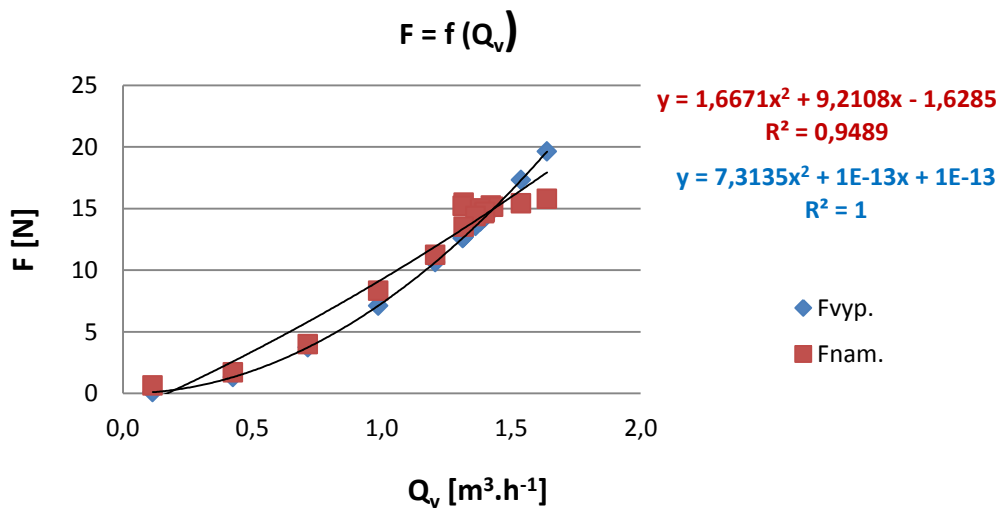
Graf. Příloha 1

Příloha 2.

Tryska o průměru 4,2 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
29,45	1,321	1,334	1,610	0,013	1,638	32,847	1,165	137406	25879	19,628	15,794	19,5
34,44	1,334	1,347	1,578	0,013	1,317	26,406	0,937	110464	20805	12,686	15,480	-22,0
30,42	1,347	1,360	1,572	0,013	1,538	30,846	1,094	129036	24303	17,310	15,421	10,9
29,90	1,360	1,371	1,552	0,011	1,312	26,315	0,933	110081	20733	12,598	15,225	-20,9
30,88	1,371	1,383	1,554	0,012	1,422	28,520	1,012	119307	22470	14,798	15,245	-3,0
30,96	1,383	1,395	1,542	0,012	1,430	28,672	1,017	119943	22590	14,956	15,127	-1,1
31,29	1,395	1,407	1,530	0,012	1,381	27,684	0,982	115810	21812	13,943	15,009	-7,6
31,98	1,407	1,419	1,490	0,012	1,396	27,991	0,993	117095	22054	14,254	14,617	-2,5
32,44	1,419	1,432	1,500	0,013	1,398	28,039	0,995	117293	22091	14,303	14,715	-2,9
30,38	1,432	1,444	1,466	0,012	1,363	27,320	0,969	114286	21525	13,579	14,381	-5,9
30,34	1,444	1,455	1,380	0,011	1,317	26,410	0,937	110482	20808	12,690	13,538	-6,7
33,42	1,455	1,466	1,146	0,011	1,206	24,186	0,858	101178	19056	10,643	11,242	-5,6
29,93	1,466	1,474	0,850	0,008	0,986	19,775	0,701	82725	15580	7,114	8,339	-17,2
30,22	1,474	1,480	0,406	0,006	0,715	14,333	0,508	59957	11292	3,737	3,983	-6,6
30,44	1,481	1,485	0,174	0,004	0,426	8,535	0,303	35706	6725	1,325	1,707	-28,8

Tab. Příloha 2



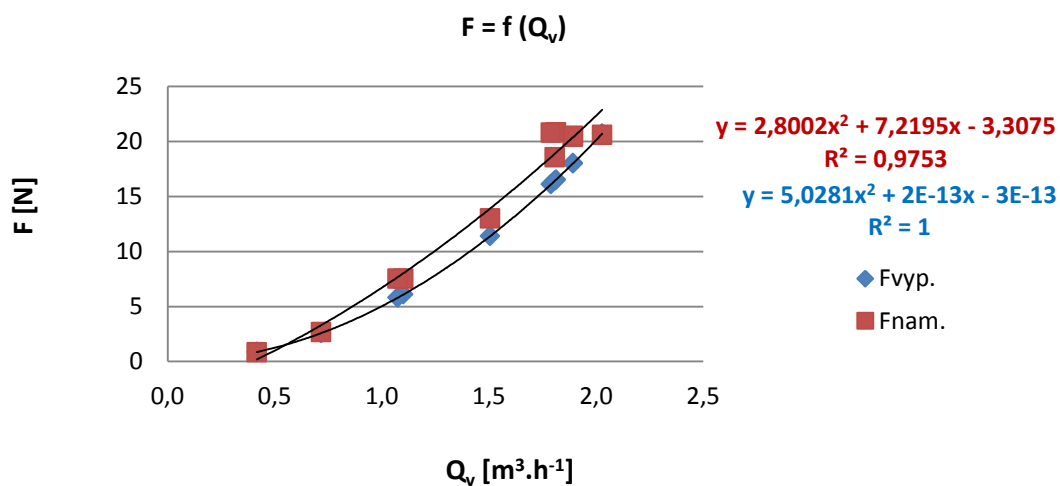
Graf. Příloha 2

Příloha 3.

Tryska o průměru 5 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
30,78	1,486	1,501	2,122	0,015	1,813	25,651	1,290	127744	28642	16,530	20,817	-25,9
31,06	1,501	1,519	2,100	0,018	2,029	28,699	1,443	142922	32045	20,691	20,601	0,4
31,98	1,519	1,534	2,120	0,016	1,790	25,321	1,273	126103	28274	16,108	20,797	-29,1
30,62	1,534	1,551	2,080	0,016	1,893	26,781	1,346	133369	29903	18,018	20,405	-13,2
30,62	1,551	1,567	2,090	0,016	1,893	26,776	1,346	133347	29899	18,012	20,503	-13,8
30,47	1,583	1,598	1,890	0,015	1,808	25,577	1,286	127374	28559	16,435	18,541	-12,8
30,13	1,598	1,610	1,324	0,013	1,505	21,296	1,071	106056	23779	11,394	12,988	-14,0
30,72	1,610	1,620	0,768	0,009	1,101	15,582	0,783	77599	17399	6,100	7,534	-23,5
29,82	1,629	1,638	0,768	0,009	1,075	15,203	0,764	75711	16976	5,807	7,534	-29,8
30,13	1,623	1,629	0,272	0,006	0,717	10,141	0,510	50503	11323	2,584	2,668	-3,3
31,16	1,620	1,623	0,086	0,004	0,416	5,884	0,296	29305	6571	0,870	0,844	3,0

Tab. Příloha 3



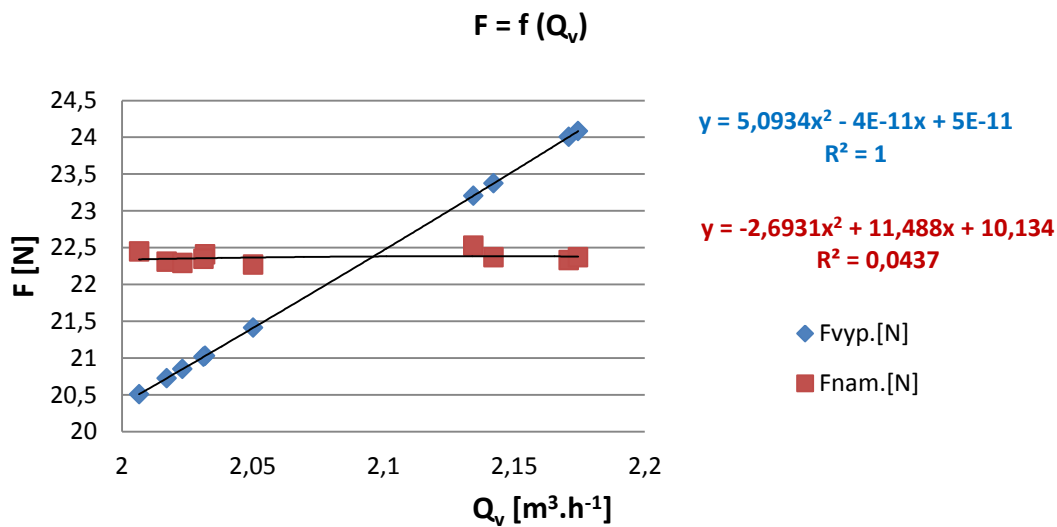
Graf. Příloha 3

Příloha 4.

Tryska o průměru 5 mm – kulový kohout – plné otevření.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
30,25	0,966	0,984	2,280	0,018	2,142	30,305	1,524	150922	33839	23,372	22,367	4,3
29,85	0,990	1,008	2,276	0,018	2,171	30,711	1,544	152945	34293	24,003	22,328	7,0
30,36	1,014	1,032	2,296	0,018	2,134	30,195	1,518	150376	33716	23,203	22,524	2,9
30,50	1,041	1,058	2,288	0,017	2,007	28,387	1,427	141369	31697	20,507	22,445	-9,5
30,12	1,063	1,080	2,284	0,017	2,032	28,745	1,445	143153	32097	21,028	22,406	-6,6
29,80	1,085	1,103	2,280	0,018	2,174	30,763	1,547	153201	34350	24,084	22,367	7,1
30,13	1,107	1,124	2,278	0,017	2,031	28,736	1,445	143105	32086	21,014	22,347	-6,3
30,34	1,130	1,147	2,274	0,017	2,017	28,537	1,435	142115	31864	20,724	22,308	-7,6
30,25	1,156	1,173	2,272	0,017	2,023	28,622	1,439	142538	31959	20,848	22,288	-6,9
29,85	1,179	1,196	2,270	0,017	2,050	29,005	1,458	144448	32387	21,410	22,269	-4,0

Tab. Příloha 4

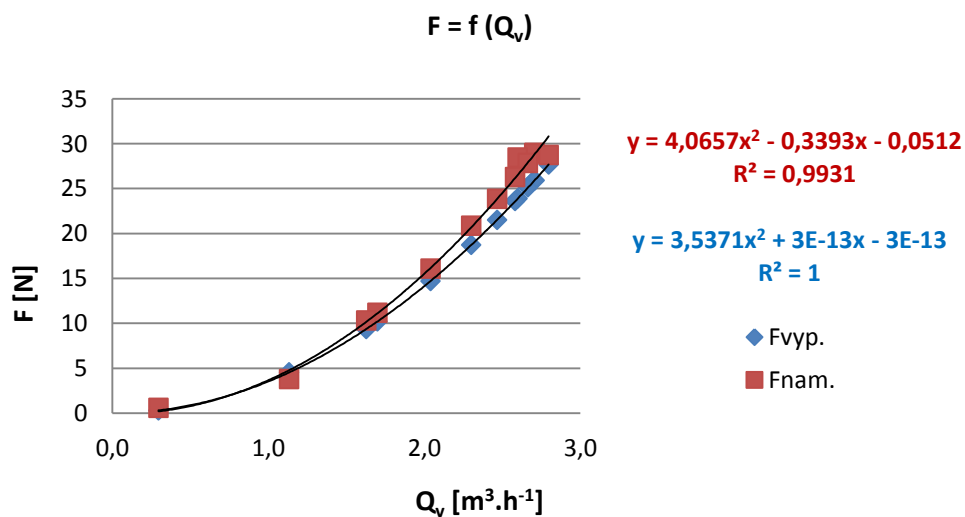


Graf. Příloha 4

Příloha 5.
Tryska o průměru 6 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
30,88	1,638	1,662	2,950	0,023	2,705	26,575	1,924	158815	42731	25,881	28,940	-11,8
30,35	1,662	1,684	2,952	0,023	2,705	26,573	1,924	158803	42727	25,877	28,959	-11,9
30,45	1,684	1,707	2,948	0,023	2,708	26,601	1,926	158970	42772	25,932	28,920	-11,5
30,50	1,707	1,731	2,930	0,024	2,797	27,480	1,989	164222	44185	27,673	28,743	-3,9
30,47	1,731	1,753	2,900	0,022	2,599	25,536	1,849	152607	41060	23,897	28,449	-19,0
31,47	1,753	1,776	2,840	0,023	2,665	26,184	1,896	156479	42102	25,125	27,860	-10,9
30,38	1,776	1,798	2,678	0,022	2,583	25,377	1,837	151653	40803	23,599	26,271	-11,3
30,22	1,798	1,819	2,432	0,021	2,466	24,229	1,754	144797	38959	21,514	23,858	-10,9
30,67	1,819	1,838	2,128	0,020	2,301	22,603	1,636	135077	36344	18,722	20,876	-11,5
30,18	1,838	1,855	1,640	0,017	2,039	20,037	1,451	119741	32217	14,712	16,088	-9,4
30,30	1,855	1,870	1,140	0,014	1,699	16,690	1,208	99738	26835	10,208	11,183	-9,6
30,30	1,879	1,893	1,050	0,014	1,628	15,991	1,158	95566	25713	9,371	10,301	-9,9
30,48	1,870	1,879	0,386	0,010	1,134	11,139	0,806	66570	17911	4,547	3,787	16,7
30,54	1,893	1,896	0,060	0,002	0,295	2,896	0,210	17305	4656	0,307	0,589	-91,6

Tab. Příloha 5



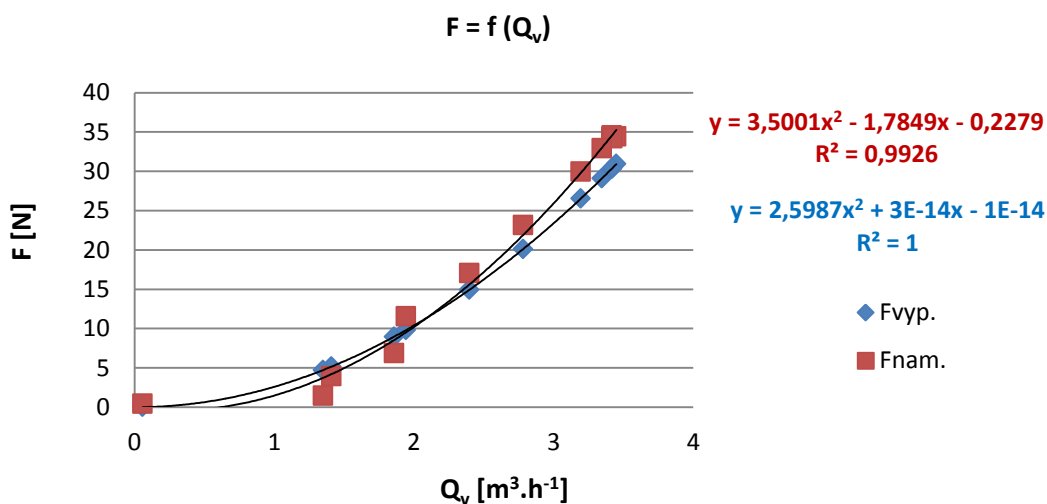
Graf. Příloha 5

Příloha 6.

Tryska o průměru 7 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
29,96	1,895	1,923	3,508	0,029	3,449	24,893	2,453	173559	54480	30,910	34,413	-11,3
30,88	1,923	1,953	3,520	0,029	3,416	24,654	2,429	171892	53957	30,318	34,531	-13,9
30,06	1,953	1,981	3,500	0,029	3,414	24,640	2,428	171793	53926	30,284	34,335	-13,4
30,20	1,981	2,010	3,484	0,029	3,421	24,691	2,433	172151	54039	30,410	34,178	-12,4
30,45	2,010	2,038	3,358	0,028	3,346	24,152	2,380	168392	52858	29,096	32,942	-13,2
30,43	2,038	2,065	3,052	0,027	3,194	23,056	2,272	160751	50460	26,516	29,940	-12,9
30,16	2,065	2,088	2,360	0,023	2,782	20,077	1,978	139978	43939	20,106	23,152	-15,1
31,56	2,088	2,109	1,738	0,021	2,396	17,293	1,704	120567	37846	14,916	17,050	-14,3
30,44	2,109	2,125	0,700	0,016	1,857	13,403	1,321	93446	29333	8,960	6,867	23,4
30,20	2,125	2,141	1,176	0,016	1,943	14,026	1,382	97789	30696	9,812	11,537	-17,6
29,92	2,141	2,153	0,400	0,012	1,408	10,162	1,001	70853	22241	5,151	3,924	23,8
30,44	2,153	2,164	0,148	0,011	1,348	9,732	0,959	67853	21299	4,724	1,452	69,3

Tab. Příloha 6



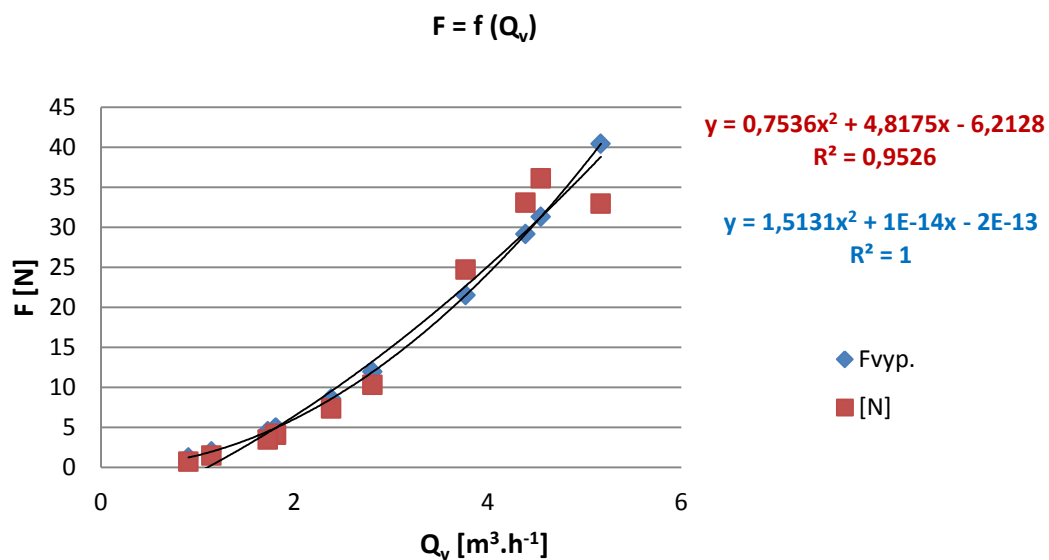
Graf. Příloha 6

Příloha 7.

Tryska o průměru 9 mm – kulový kohout.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
30,15	2,501	2,545	3,360	0,043	5,170	22,573	3,617	202351	80328	40,440	32,962	18,5
29,84	2,390	2,428	3,680	0,038	4,549	19,861	3,182	178035	70675	31,305	36,101	-15,3
30,51	2,464	2,501	3,370	0,037	4,390	19,168	3,071	171821	68208	29,158	33,060	-13,4
30,74	2,545	2,577	2,518	0,032	3,771	16,467	2,638	147609	58597	21,519	24,702	-14,8
30,24	2,577	2,600	1,050	0,024	2,810	12,267	1,965	109967	43654	11,943	10,301	13,8
30,06	2,616	2,636	0,750	0,020	2,383	10,405	1,667	93270	37025	8,592	7,358	14,4
30,60	2,600	2,616	0,414	0,015	1,812	7,910	1,267	70905	28147	4,965	4,061	18,2
30,53	2,668	2,683	0,428	0,015	1,804	7,879	1,262	70625	28036	4,926	4,199	14,8
30,65	2,636	2,650	0,352	0,015	1,727	7,539	1,208	67580	26827	4,511	3,453	23,4
30,52	2,658	2,668	0,150	0,010	1,144	4,996	0,800	44782	17777	1,981	1,472	25,7
30,64	2,650	2,658	0,074	0,008	0,905	3,950	0,633	35410	14057	1,238	0,726	41,4

Tab. Příloha 7



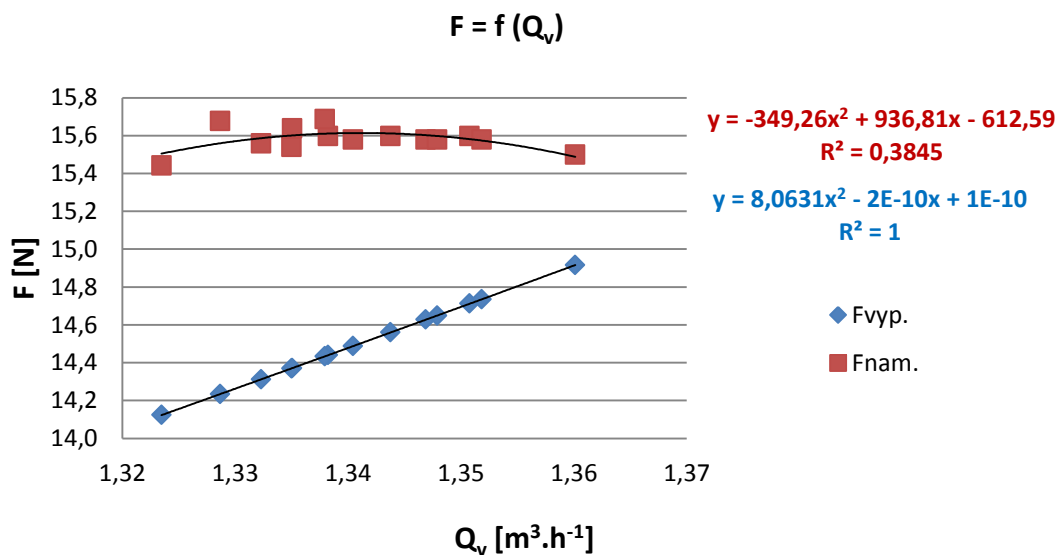
Graf. Příloha 7

Příloha 8.

Tryska o průměru 4 mm – přímý ventil.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
41,82	3,438	3,454	1,580	0,016	1,360	30,065	0,967	119781	21485	14,916	15,500	-3,9
39,48	3,454	3,468	1,588	0,015	1,340	29,630	0,953	118047	21174	14,487	15,578	-7,5
41,31	3,468	3,484	1,590	0,015	1,351	29,858	0,961	118958	21338	14,712	15,598	-6,0
40,72	3,484	3,499	1,584	0,015	1,335	29,509	0,949	117567	21088	14,370	15,539	-8,1
40,36	3,499	3,514	1,588	0,015	1,347	29,773	0,958	118616	21276	14,627	15,578	-6,5
40,33	3,514	3,529	1,588	0,015	1,348	29,795	0,959	118704	21292	14,649	15,578	-6,3
40,89	3,529	3,544	1,590	0,015	1,338	29,581	0,952	117854	21140	14,440	15,598	-8,0
39,68	3,544	3,559	1,588	0,015	1,352	29,882	0,961	119050	21354	14,735	15,578	-5,7
40,63	3,559	3,574	1,599	0,015	1,338	29,575	0,952	117827	21135	14,433	15,686	-8,7
39,37	3,574	3,589	1,594	0,015	1,335	29,511	0,949	117572	21089	14,371	15,637	-8,8
39,65	3,589	3,604	1,590	0,015	1,344	29,704	0,956	118341	21227	14,559	15,598	-7,1
39,83	3,604	3,618	1,598	0,015	1,329	29,370	0,945	117010	20988	14,234	15,676	-10,1
38,64	3,618	3,633	1,586	0,014	1,332	29,450	0,948	117332	21046	14,312	15,559	-8,7
40,53	3,633	3,648	1,574	0,015	1,323	29,255	0,941	116554	20906	14,123	15,441	-9,3
39,63	3,648	3,662	1,566	0,014	1,281	28,313	0,911	112801	20233	13,228	15,362	-16,1

Tab. Příloha 8



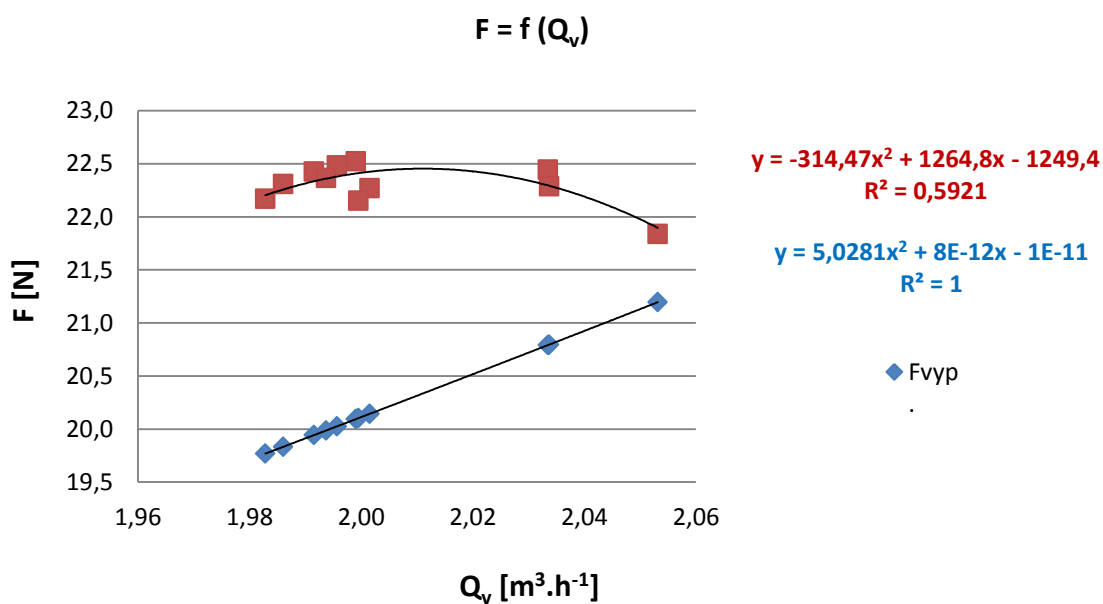
Graf. Příloha 8

Příloha 9.

Tryska o průměru 5 mm – přímý ventil.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
40,52	3,122	3,144	2,296	0,023	1,999	28,280	1,422	140838	31578	20,092	22,524	-12,1
41,67	3,144	3,167	2,292	0,023	1,996	28,233	1,419	140603	31525	20,025	22,485	-12,3
40,13	3,167	3,189	2,286	0,022	1,992	28,174	1,416	140311	31460	19,942	22,426	-12,5
41,17	3,189	3,212	2,280	0,023	1,994	28,205	1,418	140462	31494	19,985	22,367	-11,9
41,25	3,212	3,235	2,288	0,023	2,033	28,767	1,446	143264	32122	20,791	22,445	-8,0
40,06	3,235	3,258	2,274	0,022	1,986	28,096	1,412	139923	31373	19,832	22,308	-12,5
40,65	3,258	3,280	2,270	0,023	2,001	28,315	1,423	141011	31617	20,142	22,269	-10,6
41,94	3,280	3,303	2,260	0,023	1,983	28,051	1,410	139698	31322	19,768	22,171	-12,2
41,77	3,303	3,326	2,258	0,023	2,000	28,287	1,422	140874	31586	20,103	22,151	-10,2
41,60	3,326	3,350	2,272	0,023	2,034	28,770	1,446	143278	32125	20,795	22,288	-7,2
39,89	3,395	3,418	2,226	0,023	2,053	29,046	1,460	144652	32433	21,195	21,837	-3,0

Tab. Příloha 9



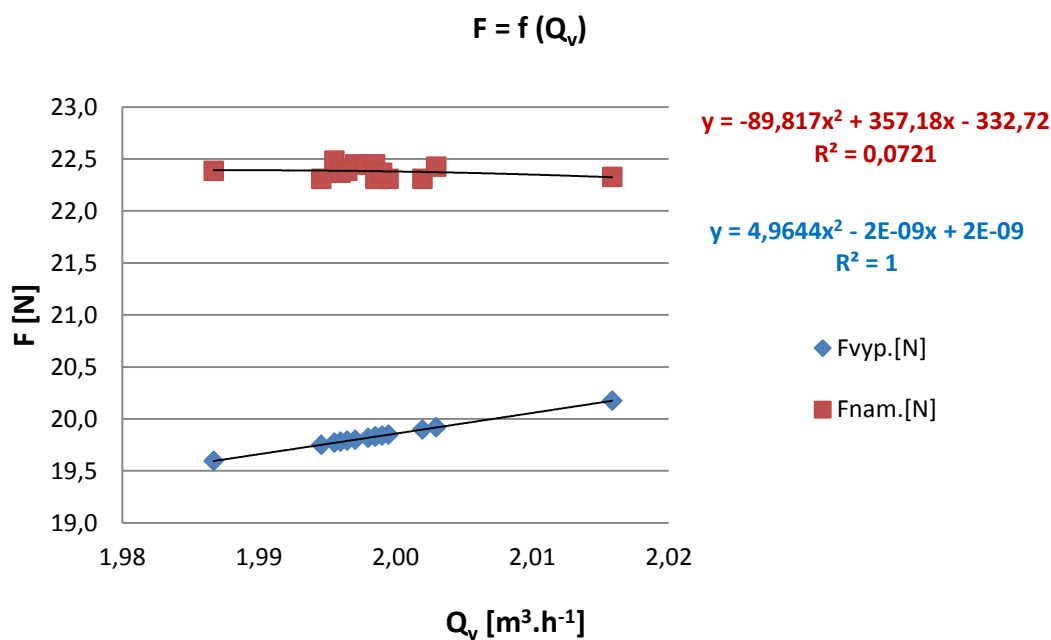
Graf. Příloha 9

Příloha 10.

Tryska o průměru 5 mm – přímý ventil.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
40,36	2,787	2,809	2,276	0,023	2,016	28,519	1,434	142025	31844	20,174	22,328	-10,7
39,82	2,809	2,831	2,288	0,022	1,998	28,266	1,421	140766	31562	19,818	22,445	-13,3
39,97	2,831	2,854	2,274	0,022	1,999	28,287	1,422	140872	31586	19,848	22,308	-12,4
40,74	2,854	2,876	2,288	0,023	1,997	28,253	1,420	140700	31547	19,799	22,445	-13,4
40,46	2,898	2,921	2,274	0,023	2,002	28,322	1,424	141047	31625	19,897	22,308	-12,1
40,32	2,921	2,943	2,292	0,022	1,996	28,231	1,419	140593	31523	19,769	22,485	-13,7
39,77	2,943	2,965	2,280	0,022	1,996	28,237	1,420	140624	31530	19,778	22,367	-13,1
39,67	2,965	2,987	2,282	0,022	1,996	28,244	1,420	140659	31538	19,788	22,386	-13,1
40,53	2,987	3,010	2,274	0,023	1,999	28,273	1,421	140803	31570	19,828	22,308	-12,5
39,99	3,010	3,032	2,288	0,022	1,998	28,273	1,421	140802	31570	19,828	22,445	-13,2
40,59	3,032	3,054	2,282	0,022	1,987	28,106	1,413	139970	31383	19,594	22,386	-14,2
40,34	3,054	3,077	2,280	0,022	1,999	28,280	1,422	140838	31578	19,838	22,367	-12,7
40,35	3,077	3,099	2,286	0,022	2,003	28,336	1,425	141117	31641	19,917	22,426	-12,6
40,52	3,099	3,122	2,274	0,022	1,995	28,217	1,419	140525	31508	19,750	22,308	-13,0

Tab. Příloha 9



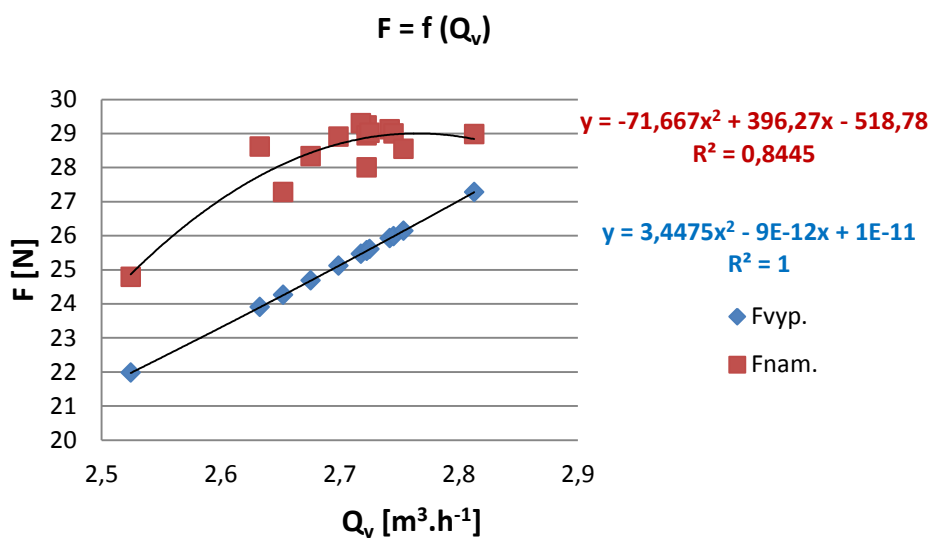
Graf. Příloha 10

Příloha 11.

Tryska o průměru 6 mm – přímý ventil.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	DV	Q _v	V _{Trysky}	V _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
39,78	3,662	3,692	2,968	0,030	2,742	26,939	1,950	160992	43316	25,922	29,116	-12,3
40,46	3,692	3,723	2,980	0,031	2,723	26,749	1,936	159853	43010	25,557	29,234	-14,4
40,40	3,723	3,753	2,986	0,031	2,718	26,701	1,933	159567	42933	25,465	29,293	-15,0
39,93	3,753	3,783	2,950	0,030	2,723	26,749	1,936	159857	43011	25,558	28,940	-13,2
40,39	3,783	3,814	2,956	0,031	2,745	26,970	1,952	161177	43366	25,982	28,998	-11,6
40,57	3,814	3,846	2,954	0,032	2,813	27,635	2,001	165150	44435	27,278	28,979	-6,2
41,02	3,846	3,876	2,916	0,030	2,633	25,866	1,873	154579	41591	23,898	28,606	-19,7
39,93	3,876	3,906	2,854	0,030	2,723	26,749	1,936	159857	43011	25,558	27,998	-9,5
41,48	3,906	3,937	2,958	0,031	2,725	26,773	1,938	159999	43049	25,603	29,018	-13,3
39,75	3,937	3,967	2,946	0,030	2,699	26,515	1,919	158454	42633	25,111	28,900	-15,1
40,40	3,967	3,998	2,910	0,031	2,753	27,051	1,958	161660	43496	26,138	28,547	-9,2
41,17	3,998	4,029	2,888	0,031	2,676	26,287	1,903	157096	42268	24,683	28,331	-14,8
40,58	4,029	4,059	2,780	0,030	2,653	26,060	1,887	155734	41902	24,257	27,272	-12,4
39,93	4,059	4,087	2,526	0,028	2,524	24,801	1,795	148212	39878	21,970	24,780	-12,8

Tab. Příloha 11



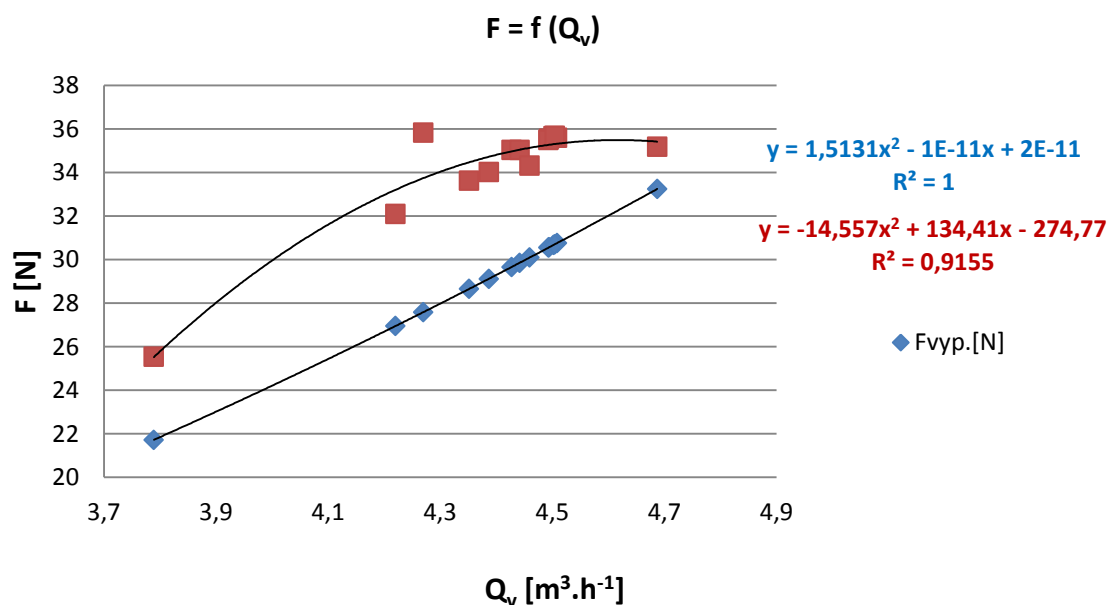
Graf. Příloha 11

Příloha 12.

Tryska o průměru 9 mm – přímý ventil.

Měřené veličiny				Vypočtené hodnoty								
t	V _{poč.}	V _{kon.}	m	ΔV	Q _v	v _{Trysky}	v _{Potrubí}	Re _{Trysky}	Re _{Potrubí}	F _{vyp.}	F _{nam.}	δ
[s]	[m ³]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[-]	[-]	[N]	[N]	[%]
40,80	4,087	4,138	3,628	0,051	4,509	19,687	3,207	176480	71225	30,760	35,591	-15,7
39,46	4,138	4,184	3,652	0,047	4,270	18,643	3,037	167118	67447	27,583	35,826	-29,9
39,82	4,184	4,234	3,636	0,050	4,502	19,659	3,202	176223	71121	30,671	35,669	-16,3
41,89	4,234	4,287	3,624	0,052	4,495	19,625	3,197	175924	71001	30,567	35,551	-16,3
39,58	4,287	4,336	3,618	0,049	4,493	19,619	3,196	175867	70978	30,547	35,493	-16,2
39,72	4,336	4,386	3,638	0,050	4,505	19,669	3,204	176312	71157	30,702	35,689	-16,2
37,71	4,386	4,435	3,586	0,049	4,687	20,467	3,334	183467	74045	33,244	35,179	-5,8
40,98	4,435	4,485	3,572	0,050	4,428	19,332	3,149	173298	69941	29,661	35,041	-18,1
39,31	4,485	4,534	3,572	0,048	4,442	19,394	3,159	173849	70163	29,850	35,041	-17,4
41,17	4,534	4,585	3,498	0,051	4,460	19,472	3,172	174551	70447	30,092	34,315	-14,0
40,95	4,585	4,635	3,468	0,050	4,387	19,155	3,120	171704	69298	29,118	34,021	-16,8
40,29	4,635	4,683	3,428	0,049	4,351	19,000	3,095	170320	68739	28,650	33,629	-17,4
39,75	4,683	4,730	3,272	0,047	4,220	18,428	3,002	165190	66668	26,950	32,098	-19,1
40,57	4,730	4,773	2,604	0,043	3,789	16,544	2,695	148305	59854	21,723	25,545	-17,6

Tab. Příloha 4



Graf. Příloha 4

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Rautové, Ph.D. za zájem, připomínky a čas, který věnovala mé práci. Poděkovat bych chtěl také katedře hydromechaniky a hydraulických zařízení VŠB-TU Ostrava za poskytnutí podmínek pro vznik této práce.

Janis Proch